

Η Συλλογή των Ομβρίων ως Εναλλακτική Πηγή Νερού για την Αντιμετώπιση της Λειψυδρίας Παγκοσμίως – Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές

Σταύρος Γιαννόπουλος¹, Ιωάννα Γιαννοπούλου²,
Μίνα Καϊάφα - Σαροπούλου³

- 1 Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα (E-mail: giann@vergina.eng.auth.gr)
- 2 Αλαμάνας 29Α, 55132, Καλαμαριά, Ελλάδα (E-mail: igiannop@gmail.com)
- 3 Χαιριανών 7, 55133, Καλαμαριά, Ελλάδα (E-mail: minakasar@gmail.com)

Περίληψη: Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η υφιστάμενη κατάσταση της συλλογής ομβρίων υδάτων ως εναλλακτικής υδροληψίας για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Συγκεκριμένα, εξετάζονται τα αίτια της λειψυδρίας, γίνεται σύντομη ιστορική ανασκόπηση της διαχρονικής εξέλιξης της τεχνικής της ομβροσυλλογής, διερευνάται η προέλευση, η σημασία και η έννοια του όρου Rainwater Harvesting (συλλογή ομβρίων) και τέλος, εξετάζονται τα αίτια της ανανέωσης του ενδιαφέροντος για την τεχνική της συλλογής του βρόχινου νερού, καθώς και τα κίνητρα στις διάφορες χώρες για τη διάδοση της μεθόδου παγκοσμίως.

Λέξεις κλειδιά: συλλογή ομβρίων, άνδρες και ημι-άνδρες περιοχές, εναλλακτική πηγή νερού, λειψυδρία.

Rainwater Harvesting (RWH) as an alternative source to confront water scarcity worldwide – Current situation and Perspectives

Stavros Yannopoulos¹, Ioanna Giannopoulou²,
Mina Kaiafa - Saropoulou³

- 1 Faculty of Engineering, School of Rural and Surveying Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki, Hellas (E-mail: giann@vergina.eng.auth.gr)
- 2 Alamanas 29A, Kalamaria, 55132 Thessaloniki, Greece (E-mail: igiannop@gmail.com)
- 3 Cherianon 7, Kalamaria, 55133, Thessaloniki, Greece (E-mail: minakasar@gmail.com)

Abstract: In the present paper, the current situation of rainwater harvesting as an alternative water source to confront water scarcity around the world is studied. In particular, they are presented: (a) the causes of water shortage; (b) a brief historical overview of the temporal evolution of the Rainwater Harvesting (RWH); (c) the origin, significance and meaning of the term RWH; (d) the causes of the renewal of interest in the technique of rainwater harvesting; and (e) incentives for the spreading of the RWH method in various countries worldwide.

Keywords: rainwater harvesting; arid and semi-arid areas; alternative water source; water shortage.

1. Προλεγόμενα

Το νερό είναι ζωτικής σημασίας πόρος για την ύπαρξη και τη διατήρηση της ζωής στη γη. Η πρόσβαση σε καθαρό και προσιτό νερό είναι ένα από τα θεμελιώδη ανθρώπινα δικαιώματα, αφού αυτό είναι το αγαθό που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία, στην κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας, στην παραγωγή τροφίμων και στο περιβάλλον.

Οι άνυδρες (arid) και ημι-άνυδρες (semi-arid) περιοχές της γης ανέκαθεν αντιμετώπιζαν προβλήματα λειψυδρίας, που οφείλονταν στην έλλειψη βροχοπτώσεων και στον απρόβλεπτο χαρακτήρα τους. Ωστόσο, σε παγκόσμιο επίπεδο ασκούνται πιέσεις στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους, οι οποίες όχι μόνο έχουν δημογραφικά, οικονομικά και κοινωνικά αίτια, αλλά οφείλονται και στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Για παράδειγμα, η αύξηση του πληθυσμού της γης, η επέκταση και η ένταση της αστικοποίησης, η εκβιομηχάνιση και η αρδευόμενη γεωργία συνεπάγονται αύξηση της ζήτησης νερού και συνεπώς, άσκηση πιέσεων στους υδατικούς πόρους. Ο πληθυσμός της γης αναμένεται ότι θα αυξηθεί κατά 33% περίπου μεταξύ των ετών 2011 και 2050 (UN DESA, 2011). Η αντίστοιχη αύξηση των αναγκών σε τροφή θεωρείται ότι θα αγγίξει το 60% (Alexandratos and Bruinsma, 2012). Επιπλέον, προβλέπεται ότι την ίδια χρονική περίοδο, ο πληθυσμός της γης που θα ζει σε αστικές περιοχές θα παρουσιάσει αύξηση της τάξεως του 75% (UN DESA, 2011). Υπογραμμίζεται ότι για πρώτη φορά την περίοδο 2006 - 2011 ο συνολικός πληθυσμός της γης που ζούσε σε αστικές περιοχές υπερέβη εκείνον που είχε επιλέξει να βιώσει σε αγροτικές περιοχές. Σημειώνεται επίσης, ότι οι υφιστάμενοι υδατικοί πόροι αντιμετωπίζουν απειλές και λόγω της ρύπανσης από σημειακές και διάχυτες (μη σημειακές) πηγές, η οποία επηρεάζει τα εσωτερικά και παράκτια υδατικά οικοσυστήματα.

Οι απολήψεις νερού προβλέπεται μέχρι το 2025 να αυξηθούν κατά 50% στις ανεπτυγμένες χώρες και κατά 18% στις ανεπτυγμένες (WWAP, 2006). Επίσης, έως

τότε αναμένεται να βιώσουν την απόλυτη λειψυδρία 1,8 δισεκατομμύρια περίπου άνθρωποι, ενώ τα δύο τρίτα του πληθυσμού της γης θα ζει σε συνθήκες ισχυρών πιέσεων στα αποθέματα νερού. Μέχρι το 2030 σχεδόν ο μισός πληθυσμός της γης αναμένεται ότι θα βρίσκεται σε συνθήκες υψηλής λειψυδρίας (UN Water, 2007).

Η κλιματική αλλαγή που οφείλεται στην υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων μιας περιοχής. Συγκεκριμένα, μπορούν να επηρεαστούν η εξατμισοδιαπνοή και ο διαθέσιμος όγκος του ατμοσφαιρικού νερού, που με τη σειρά τους μπορούν να επηρεάσουν τη συχνότητα και την ένταση των βροχοπτώσεων στο μέλλον (Middelkoop *et al.*, 2001), αλλά και τη διακύμανση των εποχικών και των υπερετήσιων βροχοπτώσεων, όπως και τη γεωγραφική τους κατανομή. Όπως σημειώνουν οι Haque *et al.* (2016), θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής κατά το σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδατικών πόρων για την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού στα πλαίσια ενός όχι σταθερού, αλλά μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος.

Σε σχέση με τις φυσικές εναλλακτικές λύσεις για την αειφόρο διαχείριση των γλυκών υδάτων, υπάρχουν δύο λύσεις. Η πρώτη είναι να βρεθούν εναλλακτικοί ή πρόσθετοι υδατικοί πόροι με τη χρήση συμβατικών κεντρικών συστημάτων, ενώ η δεύτερη έχει μεν σχέση με τη χρήση των περιορισμένων ποσοτήτων των διαθέσιμων υδατικών πόρων, αλλά με πιο αποτελεσματικό τρόπο. Μέχρι σήμερα, μεγάλη προσοχή έχει δοθεί στην πρώτη περίπτωση, ενώ για τη βελτίωση των συστημάτων διαχείρισης των υδατικών πόρων το ενδιαφέρον ήταν περιορισμένο.

Η συλλογή ομβρίων υδάτων συνιστά μια εναλλακτική πηγή νερού σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές σε όλο τον κόσμο (Ammar *et al.*, 2016). Σημειώνεται, επίσης, ότι η συλλογή, η προστασία και η επανάχρηση του νερού της βροχής είναι μια βιώσιμη πρακτική με την οποία μπορούν όχι μόνο να αυξηθούν σημαντικά οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι, αλλά και να μειωθούν οι κίνδυνοι πλημμύρας. Ο ΟΟΣΑ (OECD, 2009) διατυπώνει ισχυρές αμφιβολίες για το κατά πόσο οι χώρες που υπάρχουν σε αυτόν και αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις αναφορικά με την ύδρευση και την αποχέτευση ακόμη και σε αστικές περιοχές, θα έχουν τη δυνατότητα να ανταποκριθούν στην ανάγκη αντιμετώπισης τους με τη μεταφορά νερού και την επεξεργασία των λυμάτων σε κεντρικά συστήματα. Γι' αυτό το λόγο παρακινεί σε έρευνα για εναλλακτικούς τρόπους, τόσο όσον αφορά στην ύδρευση, όσο και στην αποχέτευση. Ειδικότερα ο ΟΟΣΑ (OECD, 2009) συνιστά ως εναλλακτικές πηγές νερού τη συλλογή του νερού της βροχής και των απορροών ομβρίων, το γκρίζο (grey water) και το ανακυκλωμένο νερό (reclaimed water). Σύμφωνα με τον Pazwash (Pazwash, 2016), στο μέλλον τα αποκεντρωμένα συστήματα συλλογής ομβρίων πολλαπλών χρήσεων μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμες υποδομές για το μετριασμό των καταστροφών που σχετίζονται με το νερό, όπως είναι οι πλημμύρες, η ξαφνική διακοπή νερού και οι εκδηλώσεις πυρκαγιάς, ιδιαίτερα στις μελλοντικά ανεπτυγμένες αστικές περιοχές.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση, στις διάφορες χώρες του κόσμου, της υφιστάμενης κατάστασης για τη συλλογή των ομβρίων ως εργαλείο αντιμετώπισης της λειψυδρίας, καθώς και οι προοπτικές που υπάρχουν για την εξάπλωση της μεθόδου.

2. Σύντομη Ιστορική Ανασκόπηση

Η συλλογή του νερού της βροχής (ο αντίστοιχος όρος στην αγγλική γλώσσα είναι Rainwater Harvesting, συντομογραφία RWH) είναι μια πολύ παλιά παραδοσιακή τεχνική, που είχε υιοθετηθεί σε πολλές περιοχές του κόσμου ως μια μέθοδος για τη διάθεση γλυκού νερού για ανθρώπινη κατανάλωση και χρονολογείται εδώ και αρκετές εκατοντάδες χρόνια. Συγκεκριμένα, οι άνθρωποι κατόρθωσαν να επιβιώσουν σε διάφορες άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές του κόσμου με επιτυχία, διαχειριζόμενοι έξυπνα το διαθέσιμο νερό, το οποίο αν και είναι ζωτικής σημασίας πόρος για την ύπαρξη ζωής, χαρακτηρίζεται δυστυχώς από ανεπάρκεια (Evenari *et al.*, 1961; Bruins *et al.*, 1986). Στις περιοχές αυτές το νερό της βροχής ήταν η κύρια πηγή ύδρευσης για πόσιμη και μη πόσιμη χρήση. Άλλωστε, τον 1^ο προχριστιανικό αιώνα ο Βιτρούβιος στο έργο του De Architectura υπογράμμισε ότι οι δεξαμενές συλλογής και αποθήκευσης υδάτων μετά τα φρέατα αποτελούσαν τις κύριες κατασκευές άντλησης και αποθήκευσης νερού στον ελληνορωμαϊκό κόσμο, υπογραμμίζοντας τη στεγανότητά τους ως το πρωτεύον κατασκευαστικό τους στόχο: «*Si autem fontes {non sunt}, unde ductiones aquarum faciamus, necesse est puteos fodere... Si autem loca erunt aut nimium venae penitus fuerit, tunc signinis operibus ex tectis aut superioribus locis excipiendae sunt copiae...*» (Βιτρούβιος, De architectura VIII, 6, 12, 14), που σημαίνει: «*Εάν δεν υπάρχουν πηγές από τις οποίες να [μπορούμε να] πάρουμε το νερό πρέπει να σκάψουμε πηγάδι... Εάν όμως ο τόπος είναι βραχώδης ή εάν οι φλέβες είναι πολύ βαθιά, μαζεύουμε το νερό από τις στέγες, ή από μέρη που βρίσκονται ψηλά, σε δεξαμενές από υδραυλικό κονίαμα...*», Μτφρ. Π. Λέφας). Συνεχίζοντας, ο Ρωμαίος μηχανικός θεωρεί ότι οι δίχωρες (Σημείωση: Εννοεί διθάλαμες) και τρίχωρες (Σημείωση: Εννοεί τριθάλαμες) δεξαμενές πλεονεκτούν, καθώς το νερό με τη μεταφορά του από τον ένα χώρο στον άλλο διυλίζεται βελτιώνοντας την ποιότητά του. Στις περιπτώσεις δε μονόχωρου (Σημείωση: Εννοεί μονοθάλαμου) ομβροσυλλέκτη συστήνει τη διαμόρφωση σημείου καθίζησης της λάσπης για τον καθαρισμό των αποθηκευμένων υδάτων, αφήνοντας τη ρίψη αλατιού στο εσωτερικό ως την ύστατη λύση βελτιστοποίησής τους. Η εμμονή του στους τρόπους καθαρισμού του συλλεγόμενου νερού δεν μπορεί παρά να θεωρηθεί ως ένας σαφής υπαινιγμός του βασικού μειονεκτήματος των δεξαμενών δηλαδή της ποιοτικής αλλοίωσης του περιεχομένου τους λόγω της στασιμότητάς του.

Σημειώνεται ότι ο ανωτέρω όρος «δεξαμενή» έχει ευρεία έννοια και περιγράφει σε γενικές γραμμές έναν τεχνητό χώρο μέσα στον οποίο αποθηκεύεται το νερό της βροχής ή το νερό που προέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές. Ο Ξενοφώντας

για τις ίδιες κατασκευές χρησιμοποιεί τον όρο *φρεατία* (Ξενοφώντας Ελληνικά 3. 1, 7). Πέρα από τους υπόγεια συνήθως διαμορφωμένους χώρους σε ιδιωτικά κτίσματα για τη συλλογή των ομβρίων από τις στέγες, δεξαμενές συγκέντρωσης νερού υπήρχαν και στις κρήνες, άλλες φορές ωστόσο αποτελούν μεμονωμένα οικοδομήματα ενός ολοκληρωμένου δικτύου ύδρευσης που συμβάλλει στην ασφαλή διανομή. Ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται και για τους περιορισμένους χώρους υποδοχής ομβρίων υδάτων στα *impluvia*.

Τα ευρήματα αρχαιολογικών ερευνών σε πολλά μέρη του κόσμου καταδεικνύουν ότι ο άνθρωπος πριν από πολλά χρόνια είχε επινοήσει τρόπους και μέσα για τη συλλογή (συγκέντρωση και αποθήκευση) νερού της βροχής για αρδευτικούς σκοπούς ή/και την εξασφάλιση νερού για ανθρώπινη χρήση και την κτηνοτροφία. Την εποχή εκείνη η μέθοδος συλλογής των ομβρίων ήταν πολύ απλή, ενώ η χρήση του νερού ήταν άμεση χωρίς καμία επεξεργασία. Συγκεκριμένα, η συλλογή γινόταν, ως επί το πλείστον, από τις στέγες και μερικές φορές άμεσα. Πιθανώς το πρώτο σύστημα συλλογής νερού να ήταν μια κοιλότητα του εδάφους ή το κοίλωμα ενός βράχου, στην οποία συγκεντρωνόταν η απορροή από τις ανάντη επιφάνειες.

Η έννοια της συλλογής όμβριων υδάτων πιθανολογείται ότι εφαρμόστηκε στην Κίνα πριν από 6.000 χρόνια (TWDB, 2005). Ωστόσο, τα αρχαιολογικά στοιχεία στα βουνά Edom της νότιας Ιορδανίας καταδεικνύουν την ύπαρξη συστημάτων συλλογής νερού ακόμη και πριν από 9.000 χρόνια, για γεωργικούς σκοπούς (Bruins *et al.*, 1986).

Η πρακτική της ομβροσυλλογής εφαρμοζόταν, επίσης, πριν από 4500 χρόνια περίπου από τους Ασσύριους στην πόλη Ur (στη νότια Μεσοποταμία, στο σημερινό Ιράκ) και αργότερα από τους Ναβαταίους (Nabateans) και άλλους λαούς της Μέσης Ανατολής (Sivanappan, 2006). Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι στην περιοχή του σημερινού Ιράκ εφαρμόζονταν συστηματικά πριν από 5.000 χρόνια απλές μορφές συλλογής νερού. Οι Evenari *et al.* (1961) περιέγραψαν συστήματα συλλογής νερού στην έρημο Νεγκέβ του Ισραήλ, τα οποία πιστεύουν ότι κατασκευάστηκαν περίπου πριν από 4.000 χρόνια (2000 π.Χ. περίπου) ή και περισσότερο.

Όσον αφορά στο Ελλαδικό χώρο, η χρήση των δεξαμενών ήταν αρκετά συχνή, ήδη από τη Μινωϊκή και Μυκηναϊκή εποχή. Στη Μινωϊκή Κρήτη (περίπου 3.200-1.100 π.Χ.), χρησιμοποιούνταν δεξαμενές για τη συλλογή και την αποθήκευση του νερού της βροχής. Στα μινωϊκά χωριά, στις πόλεις και στα ανάκτορα της Φαιστού, της Ζάκρου, του Χαμέζι, και του Μύρτου τα συστήματα παροχής νερού εξαρτιόνταν άμεσα από τη βροχή, η οποία στις περιοχές αυτές συγκεντρωνόταν σε δεξαμενές από τις στέγες και τις αυλές των κτιρίων (Angelakis and Spyridakis, 2013; Mays *et al.*, 2013). Όμοιες κατασκευές έγιναν και από τους Μυκηναίους κατά τη λεγόμενη Μυκηναϊκή περίοδο (περίπου 1.600 BC-1.100BC), μαζί με άλλα, σημαντικά υδραυλικά έργα συλλογής ομβρίων υδάτων, όπως π.χ. στέρνες, φράγματα μεγάλου μήκους, κ.λπ. (Mays, 2010). Αργότερα, στους ιστορικούς χρόνους, πολλές οικίες

είχαν μία ή και δύο ομβροδεξαμενές, στις περιπτώσεις απουσίας νερού από πηγή μέσω υδραγωγείου, ή ακόμη και παράλληλα με τα οργανωμένα δίκτυα ύδρευσης. Η παρουσία δύο ομβροδεξαμενών υπαινίσσονταν είτε πολυπληθείς οικογένειες, είτε την ανάπτυξη οικιακής βιοτεχνίας. Άλλες φορές απηχούσε απλά την ανάγκη ή την αγχωτική επιθυμία για μεγαλύτερες ποσότητες αποθηκευμένων υδάτων.

Τόσο κατά τους κλασικούς όσο και στους ελληνιστικούς χρόνους χρησιμοποιούνταν υπόγειοι κτιστοί ή ορυκτοί χώροι, βάθους 2,00-3,00 m, υδατοστεγανοί για την αποφυγή διαρροών, σε οικιακό επίπεδο, που αποτελούσαν τους αποδέκτες των νερών της βροχής, με τη βοήθεια κατάλληλης υποδομής, δηλαδή συστήματα οριζόντιων και κάθετων αγωγών, προσαρμοσμένων στις στέγες και τα τοιχώματα ή εντοιχισμένων. Από μορφολογικής άποψης μάλιστα ο Hodge (Hodge, 1992) διακρίνει δύο κύριους τύπους, ταυτίζοντας τον ένα με τις υπόγειες τετράπλευρες ή κυκλικές δεξαμενές ιδιωτικές ή δημόσιες. Οι απίοσχημοι ομβροδέκτες από την άλλη, υπό των αιθρίων κατά κύριο λόγο, βιβλιογραφικά γνωστοί ως “bottle cistern”, με το στενό στόμιο και τα σταδιακά διευρυνόμενα τοιχώματα έως τον πυθμένα, συνιστούν τύπο ευρέως διαδεδομένο, πολλές φορές μη διακριτό από τα πηγάδια. Πέρα από τις δύο κατηγορίες διάφορες μορφολογικές παραλλαγές αφορούν στον τρόπο κάλυψης, επίπεδη, δίρριχτη ή θολωτή, στην άρθρωση του εσωτερικού, με πεσσοστοιχίες ή επιμέρους τμήματα, στη διαμόρφωση των τοιχωμάτων, με ή χωρίς αντηρίδες.

Στην αρχαία Ρώμη, οι κατοικίες περιλάμβαναν ομβροδεξαμενές κάτω από πλακόστρωτες αυλές, ομοιότυπες με εκείνες των προηγούμενων χρόνων, ώστε να επιτυγχάνεται η συλλογή του νερού της βροχής και η αύξηση του νερού που διατίθεται από τα υδραγωγεία της κάθε πόλης (UNEP, 2009). Κατά μια άποψη, η λογική και η τεχνική συλλογής ομβρίων υδάτων που χρησιμοποιούνταν στα ρωμαϊκά σπίτια βασίστηκε στην εμπειρία που είχε αποκτηθεί ήδη στην Κνωσό (Hasse, 1989) και παγιώθηκε στους ιστορικούς χρόνους.

Στην Ινδία, απλές κατασκευές με λίθους για τη συγκράτηση των νερών της βροχής χρονολογούνται από την τρίτη χιλιετία π.Χ. Αυτή ήταν, επίσης, μια κοινή τεχνική σε όλη τη Μεσόγειο και τη Μέση Ανατολή. Νερό που συλλεγόταν από τις στέγες και άλλες αδιαπέρατες επιφάνειες αποθηκευόταν σε υπόγειες δεξαμενές (στέρνες) με θολωτές τοιχοποιίες (Agarwal και Narain, 1997).

Επίσης, υπάρχουν αρκετά αρχαιολογικά ευρήματα (στοιχεία) από τα οποία συνάγεται ότι η ομβροσυλλογή αποτελούσε συνήθη πρακτική σε πολλές περιοχές του κόσμου, συμπεριλαμβανομένης της Βόρειας Αφρικής (UN-HABITAT, 2005), της Τουρκίας (Ozis, 1982; Hasse, 1989), του Μεξικό (Anaya-Garduno, 1997), της Ινδίας (Pandey *et al.*, 2003; Pakianathan, 1989), του Πακιστάν (Pacey and Cullis, 1986), της Αιθιοπίας (Habtamu, 1999), της Κίνας (Li *et al.*, 2000), της Ιορδανίας (Abdel Khaleq and Alhaj Ahmed, 2006), της Αιγύπτου, της Ταϊλάνδης (UN-HABITAT, 2005), της Κορέας (Han and Park, 2007), κ.λπ.

3. Rainwater Harvesting: Προέλευση, Ορολογία, Έννοια

Για το διεθνή όρο “rainwater harvesting” («συλλογή ομβρίων»), δεν υπάρχει ένας ενιαίος ορισμός, που να είναι κοινά αποδεκτός από την επιστημονική κοινότητα. Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μια ευρεία ποικιλία όρων και ορισμών για να περιγράψουν τις διάφορες μεθόδους που αποσκοπούν στη συλλογή, στην αποθήκευση και στη χρήση των ομβρίων, προκειμένου να επιτύχουν την αύξηση της διαθεσιμότητας νερού για διάφορες χρήσεις, όπως π.χ. για πόση, άρδευση κ.λπ. σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές. Δηλαδή, στην πραγματικότητα ο καθένας χρησιμοποιεί την ορολογία αυτή, ανάλογα με τον σκοπό που έχει, χωρίς να δίνει έναν ακριβή ορισμό.

Συνήθως, ο όρος “rainwater harvesting” («συλλογή ομβρίων») χρησιμοποιείται ως ένας γενικός χαρακτηρισμός που περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα μεθόδων για τη συλλογή και τη συγκέντρωση διαφόρων μορφών απορροής (επιφανειακή απορροή, απορροή από στέγες, ροή εφήμερων ρεμάτων, κ.λπ.) από διάφορες πηγές (βροχή ή δροσιά) και για διάφορους σκοπούς (γεωργία, κτηνοτροφία, ύδρευση, περιβαλλοντική διαχείριση, κ.λπ.). Με τη γενική έννοια, ο όρος “rainwater harvesting” περιγράφει μια σειρά τεχνικών για τη συλλογή και τη συγκέντρωση της απορροής.

Κατά το παρελθόν στη διεθνή βιβλιογραφία, προκειμένου να καθορίσουν τις διάφορες τεχνικές συλλογής ομβρίων υδάτων είχαν χρησιμοποιήσει μια ποικιλία όρων.

Για παράδειγμα, σε ορισμένες περιοχές των Δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών (π.χ. Νεβάδα, Γιούτα, κ.λπ.), τα συστήματα συλλογής ομβρίων για την ενίσχυση των υφιστάμενων αποθεμάτων νερού και την ανάπτυξη νέων πηγών νερού για την άγρια ζωή, αναφέρονται ως “trick tanks” και “water guzzlers” (Rosenstock *et al.*, 1999). Οι Lauritzen and Thayer (1966) και ο Lauritzen (1967) περιγράφοντας τα συστήματα συλλογής νερού για την κτηνοτροφία χρησιμοποίησαν τον όρο “rain traps”.

Η προέλευση του όρου “water harvesting” («συλλογή νερού») δεν είναι απόλυτα γνωστή. Σύμφωνα με τον Myers (1975), ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο αυτό είναι πιθανώς ο Hector J. Geddes, Καθηγητής του Πανεπιστημίου του Σίδνεϊ στην Αυστραλία, ο οποίος όρισε τη συλλογή νερού ως “the collection and storage of any farm water or runoff or stream flow, for irrigation use” (Geddes, 1963), που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει «η συλλογή και η αποθήκευση του νερού της αγροτικής εκμετάλλευσης (αγρόκτημα) ή της απορροής ή της παροχής ρέματος, για αρδευτική χρήση». Αργότερα, ο Currier όρισε τη συλλογή νερού ως “the process of collecting natural precipitation from prepared watersheds for beneficial use” (Currier, 1973) που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει «τη διαδικασία της συλλογής της φυσικής βροχόπτωσης από προετοιμασμένες επιφάνειες για επωφελή χρήση».

Ο Geddes το έτος 1974 διατύπωσε την άποψη ότι “The phrase ‘water harvesting’ was coined in the first instance to describe a project of the University of Sydney, which involved the collection and economic storage of farm runoff for irrigation, and to differentiate the work from normal farm water conservation to provide water for livestock or household purposes” και συμπλήρωσε ότι ο όρος αυτός έχει χρησιμοποιηθεί από πολλούς επιστήμονες, οι οποίοι του έδωσαν μια ευρύτερη σημασία, ενώ αυτός υποστηρίζει τον αρχικό ορισμό με την προσθήκη ότι “it has been applied to the surface storage of underground water” (Geddes, 1974).

Ο Myers (1975) γενίκευσε τον ορισμό του Geddes για το “water harvesting” και τον όρισε ως “the practice of collecting water from an area treated to increase runoff from rainfall and snowmelt” που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει «πρακτική της συλλογής νερού από μια προετοιμασμένη επιφάνεια για την αύξηση της απορροής από τη βροχή και το λιώσιμο του χιονιού».

Από μια σύντομη ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας διαπιστώνεται ότι σε μερικούς ορισμούς τονίζεται η πηγή της απορροής, όπως π.χ. “rainwater harvesting” (Boers and Ben-Asher, 1982; Pacey and Cullis, 1986), “rain harvesting” (Matlock and Dutt, 1986), “rainwater collection” (Pacey and Cullis, 1986; Matlock and Dutt, 1986) και “rainfall collection” (Matlock and Dutt, 1986). Σε μερικές περιπτώσεις ορισμών περιλαμβάνονται ως υδατικός πόρος και η δροσιά ή η δροσιά και η ομίχλη ή η ομίχλη και το χιόνι. Όμως, οι ποσότητες νερού που μπορούν να συλλεχθούν από αυτές τις πηγές είναι πολύ μικρές και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον (Pacey and Cullis, 1986).

Σε άλλες περιπτώσεις στο κωδικοποιημένο “water harvesting” περιλαμβάνεται μόνο η επιφανειακή απορροή από τις πλαγιές και η απορροή από τα ρέματα εφήμερης ροής. Για παράδειγμα, ο Critchley (1986) αναφέρεται σε “runoff before it reaches seasonal or permanent streams”, οι Bruins *et al.* (1986) σε “runoff from whatever type of catchment or ephemeral stream”, οι Boers and Ben-Asher (1982) σε “local surface runoff” και ο MoALD (1984) σε “sheet runoff or ephemeral stream flows”.

Επίσης, υπάρχουν αρκετοί ορισμοί για το “water harvesting” που βασίζονται στην “stream flow”, όπως π.χ. “floodwater harvesting” (Critchley, 1986; Pacey and Cullis, 1986), “harvesting streamflow” (Das, 1985), “floodwater farming” (Matlock και Dutt, 1986).

Εκτός από τον όρο “floodwater farming” ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται πιο συχνά για να υποδηλώσει “water harvesting” για γεωργικούς σκοπούς, είναι ο “runoff farming” (Myers, 1975; Huibers, 1985; Pacey και Cullis, 1986). Οι Bruins *et al.* (1986) χρησιμοποιούν τις κωδικοποιημένες φράσεις “runoff farming” και “rainwater harvesting agriculture” εναλλακτικά για να περιγράψουν “farming in dry regions by means of runoff rainwater from whatever type of catchment or ephemeral stream”.

Άλλοι γενικοί όροι που χρησιμοποιούνται για “water harvesting” για γεωργικούς σκοπούς είναι “runoff agriculture” (Evenari *et al.*, 1971), “agricultural water harvesting” (Huibers, 1985) και “runoff culture” (Kutsch, 1983).

Σε γενικές γραμμές, οι όροι “rainfall collection”, “runoff concentration” and “rainwater harvesting” είναι σε μεγάλο βαθμό συνώνυμοι όροι, που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη συλλογή και τη συγκέντρωση της βροχής που πέφτει πάνω σε φυσικές πλαγιές του εδάφους, από τις οποίες έχουν αφαιρεθεί χόρτα, πέτρες, λίθοι, κ.λπ. και έχουν υποστεί κατάλληλη επεξεργασία για την άρδευση των καλλιεργειών ή την παροχή νερού για τα ζώα ή την κάλυψη των οικιακών αναγκών (Bruins *et al.*, 1986; Pacey and Cullis, 1986).

Στην παρούσα εργασία δεν αποτελεί αντικείμενο ο εξαντλητικός σχολιασμός του όρου “rainwater harvesting”. Σημειώνεται πάντως, ότι η κωδικοποιημένη πια έκφραση “water harvesting” («συλλογή νερού») έχει καθαρά υδρολογική σημασία, και δεν χρειάζεται να διευκρινίζεται ούτε το είδος της απορροής που συλλέγεται, αλλά ούτε για ποιους σκοπούς θα χρησιμοποιηθεί το νερό (Bruins *et al.*, 1986).

Σήμερα, ο όρος “rainwater harvesting” έχει μια πιο γενική έννοια όσον αφορά στη συλλογή και στην αποθήκευση του νερού απορροής ή της ροής των ρεμάτων, το οποίο προέρχεται από την επιφανειακή απορροή και αποθηκεύεται σε υπέργειες ή υπόγειες δεξαμενές. Κατά το παρελθόν, η συλλογή του νερού της βροχής χρησιμοποιούνταν στις άνυδρες (arid) ή ημι-άνυδρες (semi-arid) περιοχές, ενώ στις μέρες μας, η χρήση της μεθόδου αυτής έχει επεκταθεί σε υγρές (humid) και ύψυγρες (sub-humid) περιοχές.

4. Η Ανανέωση του Ενδιαφέροντος για τη Συλλογή Ομβρίων

Η τεχνική της συλλογής των ομβρίων υδάτων σχεδόν εγκαταλείφθηκε με την αύξηση της αστικοποίησης. Οι πιθανοί λόγοι σχετίζονται με τα διαθέσιμα τεχνικά μέσα κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής εποχής, τα οποία κατέστησαν εφικτή από τη μια τη μεταφορά νερού από απομακρυσμένες περιοχές με μεγάλο μήκος και περίπλοκα συστήματα μεταφοράς και από την άλλη την άντληση των υπογείων υδάτων, ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η προμήθεια μεγάλων ποσοτήτων νερού στη βιομηχανία και να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις παροχής πόσιμου νερού υψηλού επιπέδου υγιεινής μέσω κεντρικής επεξεργασίας, αλλά και ασφαλούς εφοδιασμού μέσω αγωγών. Οι Fidelibus and Bainbridge (1995) σημειώνουν, οι σημερινές μέθοδοι συλλογής νερού συνιστούν μια επανεξέταση των τεχνικών που αναπτύχθηκαν κατά την αρχαιότητα σε διάφορα μέρη του κόσμου, όπως στη Μέση Ανατολή, στην Ασία, στην Αμερική κ.λπ., οι οποίες όμως ξεχάστηκαν από τη σύγχρονη επιστήμη και την τεχνολογία.

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα και συγκεκριμένα πριν από το 1950 πολύ λίγες δραστηριότητες είχαν λάβει χώρα σχετικά με την έρευνα και την εφαρμογή των

τεχνικών συλλογής νερού. Συγκεκριμένα, οι αγρότες στην Αυστραλία άρχισαν να συλλέγουν νερό για οικιακή χρήση και κτηνοτροφία μετά τον Α! Παγκόσμιο Πόλεμο. Κατά τη διάρκεια του Β! Παγκοσμίου Πολέμου, είχαν σημειωθεί ορισμένες δραστηριότητες συλλογής νερού σε νησιά με υψηλές βροχοπτώσεις, όπως π.χ. στην Αντίκουα (Prinz and Malik, 2003).

Το ενδιαφέρον για τη συλλογή νερού, τόσο σε επίπεδο έρευνας, όσο και σε επίπεδο εφαρμογής ανανεώθηκε, εν μέρει παγκοσμίως, μετά την επιτυχημένη ανακατασκευή του συστήματος συλλογής νερού για αρδευτικούς σκοπούς (runoff farming) κατά τα έτη 1958 και 1959 από τους Evenari *et al.* (1971) στην έρημο Νεγκέβ του σημερινού Ισραήλ. Οι Pacey and Cullis (1986) θεωρούν ότι η εργασία των Evenari *et al.* (1961) έχει ένα ιδιαίτερο κύρος, λόγω των μοντέλων της συλλογής νερού για αρδευτικούς σκοπούς (runoff farming) που εφάρμοσαν, την πληρότητα της έρευνας που έκαναν και τις ιστορικές πηγές των μοντέλων που χρησιμοποίησαν.

Κατά τον Boers (Boers, 1994), η σύγχρονη έρευνα για την υδατοσυλλογή ξεκίνησε το 1950 από τον Hector J. Geddes, Καθηγητή του Πανεπιστημίου του Σύδνεϋ στην Αυστραλία.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες η συλλογή νερού άρχισε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1940 και γενικεύτηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950, όταν πολλές μικρές λεκάνες συλλογής κατασκευάστηκαν από φύλλα χάλυβα και σκυρόδεμα για την παροχή πόσιμου νερού στα ζώα και στην άγρια ζωή (Reddy, 2006).

Σημαντικό σταθμό στην ανανέωση του ενδιαφέροντος για τη συλλογή νερού αποτέλεσε το έτος 1955 η έναρξη συνεργασίας και η εκτέλεση κοινών μελετών από το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (U.S. Department of Agriculture) και τον Πειραματικό Γεωργικό Σταθμό της Πολιτείας Γιούτα (Utah Agricultural Experiment Station) για την αξιολόγηση διαφόρων υλικών στεγανοποίησης του εδάφους για τη συλλογή νερού για την κτηνοτροφία.

Στις μελέτες αυτές αξιολογήθηκαν διάφορα υλικά κάλυψης του εδάφους όπως π.χ. πλαστικές μεμβράνες βινυλίου και φύλλα καουτσούκ πολυαιθυλενίου-βουτυλίου, υφάσματα από γιούτα με ασφαλική επικάλυψη, και χημικά στεγανωτικά υλικά (Lauritzen, 1960). Από τα υλικά αυτά οι πλαστικές μεμβράνες βουτυλίου, όταν δεν ήταν υπό τάση, παρουσίασαν εξαιρετική αντοχή σε φθορά από την έκθεση τους στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ η εγκατάστασή τους ήταν σχετικά απλή. Όμως, οι κατασκευές αυτές απέτυχαν μέσα σε 5-10 χρόνια λόγω βλαβών από την αιολική δράση. Επίσης, παρουσίαζαν και υψηλό κόστος με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται μόνο από κρατικούς φορείς σε δημόσια γη (Frasier and Myers, 1983).

Μελέτες για την ανάπτυξη και την αξιολόγηση νέων μεθόδων και υλικών για την κατασκευή συστημάτων συλλογής νερού συνεχίστηκαν και κατά τη δεκαετία του 1960 στις ΗΠΑ και σε άλλες άνυδρες και ημι-άνυδρες χώρες.

Κατά τη δεκαετία του 1960, άρχισαν στις ΗΠΑ συστηματικές μελέτες που σχετίζονταν τόσο με την ανάπτυξη και την αξιολόγηση νέων μεθόδων και υλικών για

την κατασκευή συστημάτων συλλογής νερού με χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης και όσο και με τη βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος από διάφορους κυβερνητικούς και ιδιωτικούς οργανισμούς, αλλά και από πανεπιστημιακά ερευνητικά κέντρα, όπως και σε άλλες άνυδρες ή ημι-άνυδρες χώρες (Frasier and Myers, 1983). Σταθμό στην έρευνα αποτέλεσε η ιδέα των ερευνητών του Εργαστηρίου Προστασίας των Υδατικών Πόρων των ΗΠΑ (U.S. Water Conservation Laboratory) να χρησιμοποιήσουν το ίδιο το έδαφος ως επιφάνεια συλλογής με στεγανοποίηση και σταθεροποιητικά υλικά (Myers, 1961).

Περαιτέρω κίνητρα για την εξέταση των δυνατοτήτων της συλλογής νερού στη βελτίωση της φυτικής παραγωγής έδωσαν οι εκτεταμένες ξηρασίες που έλαβαν χώρα κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980 στην Αφρική και οι συνέπειες που είχαν στις καλλιέργειες.

Το ενδιαφέρον για τη συλλογή και τη συγκέντρωση νερού για αρδευτικούς σκοπούς εντάθηκε με τις βελτιώσεις των χωματοουργικών μηχανημάτων και των μονωτικών (σφραγιστικών) υλικών του εδάφους, που μείωσαν το κόστος και τις δυσκολίες προετοιμασίας της επιφάνειας του εδάφους για τη συλλογή του νερού (catchment), ενώ ταυτόχρονα βελτίωσαν και την απόδοση του συστήματος συλλογής.

Η συλλογή των ομβρίων υδάτων κέρδισε έδαφος και πάλι, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η ταχεία αστικοποίηση άσκησε σημαντικές πιέσεις στα συμβατικά συστήματα μεταφοράς νερού. Η συλλογή των ομβρίων είναι ανεκτίμητης αξίας για άνυδρες και ημι-άνυδρες χώρες ή περιοχές, μικρά κοραλλιογενή και ηφαιστειακά νησιά και απομακρυσμένους και διάσπαρτους οικισμούς. Ωστόσο στις μέρες μας έχει τύχει εκ νέου της προσοχής και του ενδιαφέροντος σε πολλές χώρες του κόσμου ως μια βιώσιμη αποκεντρωμένη πηγή νερού (π.χ. Ιταλία, Σλοβακία, Ισπανία, Σουηδία, Γαλλία, κ.λπ. στην Ευρώπη, Ινδία, Κίνα, Μαλαισία, Ταϊλάνδη, Κορέα, Ιαπωνία, κ.λπ. στην Ασία, Κένυα, Αιθιοπία, Συρία, Τυνησία, κ.λπ. στην Αφρική, σε πολλές Πολιτείες των Η.Π.Α. όπως η Νεβάδα, η Γιούτα και πολλές άλλες, στον Καναδά, κ.λπ. στη Βόρεια Αμερική, στη Βραζιλία, κ.λπ. στη Νότια Αμερική, στην Αυστραλία, στη Νέα Ζηλανδία, κ.λπ.) (Yannopoulos *et al.*, 2016a,b). Όπως σημειώνει ο Heggen (Heggen, 2000), περισσότεροι από 100 εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο εκτιμάται ότι χρησιμοποιούν κάποιας μορφής σύστημα συλλογής ομβρίων.

Κατά τα τελευταία χρόνια σε πολλές περιοχές του κόσμου έχει ανανεωθεί το ενδιαφέρον για τις τεχνικές υδατοσυλλογής, που θεωρούνται πλέον ως βιώσιμη πηγή νερού. Αυτό σχετίζεται άμεσα με τις πιέσεις που δέχονται οι υφιστάμενοι υδατικοί πόροι λόγω της κλιματικής αλλαγής, της αστυφιλίας με τη συνεπαγόμενη αύξηση των αναγκών σε νερό στις πόλεις, της αύξησης των αναγκών σε νερό στη γεωργία με στόχο τη μεγαλύτερη παραγωγή τροφίμων, αλλά και λόγω της ρύπανσης των υδατικών συστημάτων από διάφορες αιτίες και πηγές, της δαπάνης των έργων για

την κατασκευή μεγάλων έργων συλλογής νερού (φράγματα, κ.λπ.), αλλά και της μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις. Η ανανέωση του ίδιου ενδιαφέροντος σχετίζεται εξίσου και με το ρόλο που μπορούν να παίξουν τα αποκεντρωμένα συστήματα συλλογής νερού για το μετριασμό των καταστροφών από πλημμύρες, κ.λπ.

5. Η Συλλογή των Ομβρίων σε Διάφορες Χώρες

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP, 2012), υπάρχουν παραδείγματα συλλογής και αξιοποίησης των ομβρίων υδάτων σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου. Συγκεκριμένα, πολλές χώρες έχουν αναγνωρίσει την αξία της χρήσης των ομβρίων, γι' αυτό και υιοθέτησαν μια ποικιλία τεχνολογιών, εξοπλισμού και μέτρων για τη συλλογή, την αξιοποίηση, τον έλεγχο και τη διαχείριση τους.

Κατά τελευταία χρόνια, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες και εφαρμογές σε διάφορα επίπεδα σχετικά με την αξιοποίηση και τη διαχείριση των ομβρίων σε περισσότερες από 40 χώρες, όπως είναι π.χ. οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Γαλλία, η Ινδία, το Ισραήλ, η Ιαπωνία, κ.λπ. (Liu *et al.*, 2016). Επίσης, έχουν γίνει μελέτες σχετικά με την ποιότητα των ομβρίων υδάτων που συλλέγονται με τα διάφορα συστήματα σε πολλές χώρες (ΗΠΑ, Νιγηρία, Νέα Ζηλανδία, Ινδία, Ζάμπια, Βραζιλία, Καναδάς, Αυστραλία, Ιορδανία, Νέα Γουινέα, Νότια Κορέα, Γερμανία, Δανία, Ελλάδα, Μεγάλη Βρετανία, κ.λπ.) (Vialle *et al.*, 2012). Άλλες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στα υδρολογικά ή οικονομικά στοιχεία για την συλλογή των ομβρίων (Herrmann and Schmida, 1999; Khastagir and Jayasuriya, 2011).

Σε πολλές χώρες τόσο οι κυβερνήσεις όσο και οι τοπικές/περιφερειακές αρχές έχουν προωθήσει μέτρα για την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής και χρήσης των ομβρίων με ενημερώσεις, με την παροχή οικονομικών κινήτρων (επιδοτήσεις, μειώσεις ή επιστροφές φόρων, κ.λπ.) και σε κάποιες περιπτώσεις με την υποχρέωση της κατασκευής τους με νομοθετική ρύθμιση. Για παράδειγμα, είναι υποχρεωτική κάποια μορφής συλλογή ομβρίων υδάτων για τα κτίρια και σπίτια σε διάφορες πόλεις και πολιτείες της Ινδίας, στην Καταλονία της Ισπανίας, στη Φλάνδρα του Βελγίου, στα νέα κτίρια μερικών Πολιτειών των ΗΠΑ (Tucson, Arizona, Santa Fe Country, New Mexico) και σε πολλά νησιά της Καραϊβικής. Το ίδιο συμβαίνει και σε μερικές Πολιτείες της Αυστραλίας, όπως στην South Australia, στη New South Wales (NSW) και στο Queensland όπου οι νομοθετικές ρυθμίσεις ορίζουν ότι στα νέα κτίρια πρέπει να εγκαθίσταται ένα σύστημα συλλογής ομβρίων ή κάποια εναλλακτική πηγή ύδρευσης (Biermann and Butler, 2015).

Οδηγίες για την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής ομβρίων έχουν εκδώσει διάφορες χώρες, όπως είναι π.χ. το Ηνωμένο Βασίλειο, η Μαλαισία, η Ιαπωνία, η Ινδία, ο Καναδάς, η Αυστραλία, κ.λπ. Στις ΗΠΑ, μερικές Πολιτείες, όπως είναι π.χ. η Georgia, η North Carolina, το Texas και η Virginia, έχουν εκδώσει εγχειρίδια

οδηγιών που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους τύπους των συστημάτων επεξεργασίας και των εξαρτημάτων που απαιτούνται για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων για την ποιότητα του νερού. Επιπλέον, σε δημοτικό επίπεδο, πολλές μεγάλες πόλεις, όπως είναι το Los Angeles, το San Francisco, η Tucson, και το Portland έχουν εκδώσει οδηγίες ή / και εγκυκλίους που αφορούν στην επεξεργασία και στις επιτρεπόμενες απαιτήσεις για τα συστήματα συλλογής όμβριων υδάτων (USEPA, 2013).

Επί του παρόντος, στο βαθμό που μας είναι γνωστό, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δεν υπάρχουν ούτε ευρωπαϊκές ούτε εθνικές κανονιστικές διατάξεις που να αφορούν στον καθορισμό προτύπων ποιότητας για τις χρήσεις των ομβρίων. Σε κάποιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως είναι η Γαλλία (Décret du 2 Juillet 2008) ή το Ηνωμένο Βασίλειο (BS 815, 2009), έχουν προταθεί κάποιες προδιαγραφές, που είναι απλώς κατευθυντήριες γραμμές (οδηγίες), οι οποίες επικεντρώνονται ιδιαίτερα στην οικιακή χρήση των ομβρίων. Στην Ισπανία, υπάρχει το βασιλικό διάταγμα (RD) 1620/2007 το οποίο θεσπίζει πρότυπα ποιότητας για τις πιθανές χρήσεις για το ανακυκλωμένο νερό (Llorpart-Mascaró *et al.*, 2010).

Η συλλογή ομβρίων δεν περιορίζεται μόνο σε κτίρια κατοικιών, δηλαδή σε μικρής κλίμακας έργα, αλλά και σε μεγάλης κλίμακας, αφού τέτοια συστήματα υπάρχουν στη Γερμανία, όπως π.χ. είναι στο Βερολίνο το σύστημα αξιοποίησης των ομβρίων στην πλατεία DaimlerChrysler Potsdamer και το συγκρότημα των κτιρίων στη Belss-Luedecke-Strasse, στο Darmstadt το Πολυτεχνείο, στη Φρανκφούρτη το αεροδρόμιο της πόλεως, κ.λπ., στο Ηνωμένο Βασίλειο και συγκεκριμένα στο Λονδίνο το Millennium Dome, το Μουσείο κ.λπ., στη Σιγκαπούρη το αεροδρόμιο Changi, στην Ιαπωνία η Ryogoku Kokugikan Sumo-wrestling Arena και το Δημαρχείο της πόλης Sumida, κ.λπ.

Στις ανεπτυγμένες χώρες, όπως είναι π.χ. το Βέλγιο, η Γαλλία, η Γερμανία, η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία, η Σιγκαπούρη και οι ΗΠΑ, η συλλογή ομβρίων χρησιμοποιείται κυρίως για τη συμπλήρωση των συμβατικών συστημάτων με νερό μη πόσιμης χρήσης, δηλαδή για το πλύσιμο των ρούχων, την καθαριότητα στις τουαλέτες, την άρδευση και το πλύσιμο των εξωτερικών χώρων, ενώ στην Αυστραλία χρησιμοποιείται και για πόσιμη χρήση (Standards Australia, 2008). Στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπως είναι το Μπαγκλαντές, η Μποτσουάνα, η Κίνα, η Ινδία, η Κένυα, το Μαλί, το Μαλάουι και η Ταϊλάνδη, τα συστήματα ομβροσυλλογής χρησιμοποιούνται κυρίως για την αντιμετώπιση των ελλείψεων νερού τόσο για πόσιμη όσο και για μη πόσιμη χρήση (Lade and Oloke, 2015).

Σε πολλές χώρες της Λατινικής Αμερικής, όπως είναι η Αργεντινή, τα νησιά Μπαρμπάντος, η Βραζιλία, η Κόστα Ρίκα, η Δομινικανή Δημοκρατία, η Χιλή, το Μεξικό και το Περού εφαρμόζεται η τεχνική της συλλογής των ομβρίων από στέγες για ύδρευση, ενώ στις ημι-άνυδρες περιοχές της Αργεντινής, της Βραζιλίας και της Βενεζουέλας εφαρμόζεται η συλλογή των απορροών από τους δρόμους με τά-

φρους ή με χαντάκια από όπου στη συνέχεια το νερό μεταφέρεται σε καλλιεργούμενες περιοχές για άρδευση (Ringler *et al.*, 2000).

Στην Αυστραλία οι τοπικές αρχές ενθαρρύνουν στις αστικές περιοχές τους πολίτες στη χρήση συστημάτων συλλογής ομβρίων, για να μειώσουν την εξάρτηση των πολιτών από το κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, αλλά και για να διευκολυνθούν οι ίδιες στη διαχείριση των αστικών απορροών ομβρίων. Η ενθάρρυνση αυτή προέκυψε λόγω της αύξησης των ξηρασιών και των ελλείψεων νερού. Κατ' αυτό τον τρόπο πολλές πολιτειακές και τοπικές κυβερνήσεις της Αυστραλίας αναγκάστηκαν να εφαρμόσουν ένα ευρύ φάσμα πολιτικών, που διευκολύνουν τη χρήση των δεξαμενών αποθήκευσης ομβρίων στις αστικές περιοχές της χώρας (Coombes, 2006). Συγκεκριμένα, οι ομοσπονδιακές και πολιτειακές αρχές της Αυστραλίας παρέχουν κίνητρα (μια σειρά από επιδοτήσεις και επιστροφές φόρων) στους πολίτες τους για να εγκαταστήσουν δεξαμενές αποθήκευσης ομβρίων στις ιδιοκτησίες τους. Τα κίνητρα αυτά διαφέρουν από Πολιτεία σε Πολιτεία, εξαρτώνται δε από το μέγεθος της υδατοδεξαμενής και το σκοπό χρήσης του συλλεγόμενου νερού (Van der Sterren *et al.*, 2012). Επιπλέον και προκειμένου να υποστηριχτεί η υιοθέτηση της πρακτικής της ομβροσυλλογής από τους πολίτες, εκδόθηκε από την Australian Rainwater Industry Development Association και τη Standards Association of Australia, το 2006, ένα πρότυπο για την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων με τίτλο National Rainwater Tank Design and Installation Handbook (NRTDIH) που αναθεωρήθηκε το 2008 (Standards Australia, 2008). Το πρότυπο αυτό παρέχει πρακτικές πληροφορίες για τη συλλογή, την αποθήκευση και τη χρήση των ομβρίων υδάτων σε μονοκατοικίες, συγκροτήματα οικιών, δημοτικά/κοινοτικά και εμπορικά κτίρια. Στη Νότια Αυστραλία, σχεδόν το 50% του πληθυσμού ζει σε σπίτια που είναι εξοπλισμένα με δεξαμενή αποθήκευσης ομβρίων. Η συλλογή τους, μάλιστα, έχει γίνει υποχρεωτική για τις νέες κατοικίες στην πολιτεία Queensland (CMHC, 2013).

Στις ΗΠΑ η εφαρμογή της συλλογής ομβρίων έχει γίνει πλέον μια συνήθης πρακτική με αυξανόμενους ρυθμούς (Thomas *et al.*, 2014). Από το 2004, εκτιμάται ότι περίπου 100.000 συστήματα συλλογής όμβριων σε κατοικίες ήταν σε χρήση στις ΗΠΑ και στις αυτοδιοικούμενες περιοχές της χώρας (TWDB, 2005). Αρκετές Πολιτείες και αυτοδιοικούμενες περιοχές (Hawaii, Kentucky, New Mexico, North Carolina, Ohio, Oregon, Rhode Island, Texas, U.S. Virgin Islands, Utah, Washington, κ.λπ.), θεωρούν τη συλλογή όμβριων μια σοβαρή πρακτική για την προστασία των υδατικών πόρων και την αύξηση του όγκου του νερού για ύδρευση. Όμως, έστω και αν η κύρια χρήση των αποθηκευόμενων ομβρίων είναι το πότισμα, το πλύσιμο των εξωτερικών χώρων, κ.λπ. υπάρχουν και συστήματα συλλογής όπου το νερό που συγκεντρώνουν χρησιμεύει και για εσωτερική χρήση, αφού με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την κατάλληλη επεξεργασία του νερού, ο όγκος των ομβρίων που συλλέγεται είναι μια ασφαλής και αξιόπιστη πηγή νερού για πόση και ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες κοινότητες (Krishna, 2007).

Στις Βερμούδες Νήσους με βάση την ισχύουσα νομοθεσία η συλλογή των ομβρίων αποτελεί κύρια πηγή νερού οικιακής χρήσης σε όλα τα κτίρια (Rowe, 2011).

Στον Καναδά οι περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής συστημάτων συλλογής ομβρίων αφορούν στην οικιακή χρήση σε αγροτικές περιοχές, όπου δεν υπάρχει πρόσβαση σε κεντρικά δημόσια συστήματα ύδρευσης. Στις πόλεις οι περισσότερες περιπτώσεις αφορούν σε κτίρια που έχουν πιστοποιηθεί σύμφωνα με κάποιο από τα πρότυπα μέτρησης των περιβαλλοντικών επιδόσεων των δομικών υλικών (Green Building Rating) και στα οποία έχουν ληφθεί υπόψη η επανάχρηση των όμβριων υδάτων και η μείωση των απορροών (E.A., 2010). Από το έτος 2010 ισχύει ο National Plumbing Code of Canada, ο οποίος επιτρέπει τη χρήση των ομβρίων για την τουαλέτα, την έκπλυση του ουρητηρίου και την υπόγεια άρδευση. Επιπλέον, δίνει τη δυνατότητα της χρήσης των ομβρίων, τόσο εσωτερικά, όσο και εξωτερικά των οικιών ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας τους (CMHC, 2013). Σήμερα αρκετοί Δήμοι στην επαρχία Οντάριο θεωρούν τη συλλογή ομβρίων ως ένα σημαντικό μέσο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της διαχείρισης των υδάτων. Η πόλη του Τορόντο και ο περιφερειακός Δήμος του Waterloo έχουν εντείνει τις προσπάθειες τους στην προώθηση της τεχνολογίας της συλλογής νερού μέσω πολιτικών για τα όμβρια και τα πράσινα κτίρια (TRCA, 2010).

Στο Μεξικό, η συλλογή ομβρίων έχει συμβάλει σημαντικά στη μείωση των ελλείψεων της ύδρευσης που εμφανίζονται σε μεγάλες περιοχές της χώρας. Στο Guanajuato, στο Κεντρικό Μεξικό, έχει κατασκευαστεί ένα έργο συλλογής ομβρίων με τη χρήση των στεγών των σπιτιών ως επιφανειών συλλογής των ομβρίων σε μια περιοχή με μέση ετήσια βροχόπτωση 455,3 mm και δεξαμενές αποθήκευσης χωρητικότητας 2,5 m³ κατασκευασμένες σε στέγες επιφάνειας 74 m² (UNDP, 2013). Στην Πόλη του Μεξικό και στις αγροτικές περιοχές της χώρας, έχουν ήδη εγκατασταθεί εκατοντάδες συστήματα συλλογής. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα ήταν επιτυχή, τόσο σε ατομικό, όσο και τοπικό επίπεδο (Lizárraga-Mendiola *et al.*, 2015).

Στη Βραζιλία κατά το τέλος του 1999 η Κυβέρνηση της χώρας υποστήριξε το Πρόγραμμα P1MC (Programa um Milhão de Cisternas/One Million Cisterns Program), το οποίο εφαρμόστηκε από την ASA (ASA - Articulação no Semi-Árido Brasileiro / Articulating (the needs) for the Semi-arid Areas of Brazil) που είναι ένα δίκτυο περίπου 3.000 Μ.Κ.Ο. (Μη Κυβερνητικών Οργανώσεων) που δραστηριοποιούνται στην SAB (Semi-arid Areas of Brazil) δηλαδή στις ημι-άνυδρες περιοχές της βορειοανατολικής Βραζιλίας. Ο στόχος του προγράμματος, που ξεκίνησε το 2003, είναι να παρέχει ασφαλές πόσιμο νερό σε ένα εκατομμύριο αγροτικά νοικοκυριά (πέντε εκατομμύρια άνθρωποι). Μέχρι τις 24 Απριλίου 2013 είχαν κατασκευαστεί περισσότερες από 458.000 δεξαμενές ομβρίων υδάτων για ύδρευση. Το P1MC εκτελείται από την κοινωνία των πολιτών με αποκεντρωμένο τρόπο (τοπική κοινωνία, κοινότητα, δήμος, κράτος και περιφέρεια), με αρχική χρηματοδότηση από το Υπουργείο Περιβάλλοντος της χώρας και στη συνέχεια, με πιστώσεις του

κράτους, διεθνή βοήθεια και πιστώσεις του ιδιωτικού τομέα (Heijnen, 2013). Επίσης, ένα άλλο πρόγραμμα που υποστήριξε η Κυβέρνηση της Βραζιλίας είναι το P1 + 2 (Programa uma Terra e duas Águas/Programme 1 piece of land and 2 sources of water) που ξεκίνησε το 2007 και έχει ως στόχο να ενισχύσει περαιτέρω τις δυνατότητες επιβίωσης στην περιοχή SAB με επίκεντρο το νερό για την παραγωγή (Gnadlinger, 2007). Μέχρι στιγμής έχουν ολοκληρωθεί 9.000 συστήματα συλλογής ομβρίων υδάτων με δεξαμενές χωρητικότητας 52 m³, 420 υπόγεια φράγματα και 302 λεκάνες συγκέντρωσης ομβρίων. Με το πρόγραμμα P1 + 2 επωφελούνται συνολικά 12.000 οικογένειες. Εκτός από τα Προγράμματα P1MC και P1 +2 υπάρχουν και πολλά άλλα μεγαλύτερα προγράμματα, που επιδοτούν προγράμματα συλλογής ομβρίων, όπως είναι το Projeto Cisternas and Aguadas (Heijnen, 2013).

Στις χώρες της Αφρικής υιοθετούνται όλο και περισσότερο τα συστήματα συλλογής ομβρίων. Όμως, παρά την ταχεία επέκταση των συστημάτων αυτών, σε μερικές χώρες της Αφρικής η πρόοδος είναι αργή, γεγονός που οφείλεται: (α) στη μείωση των βροχοπτώσεων και στον εποχιακό τους χαρακτήρα, (β) στο μικρό αριθμό και μέγεθος των αδιαπέραστων στεγών, (γ) στο υψηλό κόστος κατασκευής των συστημάτων συλλογής ομβρίων σε σχέση με τα τυπικά εισοδήματα των νοικοκυριών, (δ) στην έλλειψη τσιμέντου και καθαρής διαβαθμισμένης άμμου ποταμού, σε ορισμένες περιοχές της Αφρικής και (ε) στην έλλειψη επαρκούς νερού για την κατασκευή, στοιχεία που επιβαρύνουν το συνολικό κόστος. Παρόλα αυτά, τα συστήματα συλλογής ομβρίων επεκτείνονται όλο και περισσότερο στην Αφρική με έργα που κατασκευάζονται στη Μποτσουάνα, στο Τόγκο, στο Μάλι, στο Μαλάουι, στη Νότιο Αφρική, στη Ναμίμπια, στη Ζιμπάμπουε, στη Μοζαμβίκη, στη Σιέρα Λεόνε, στην Τανζανία, κ.λπ. (UN-HABITAT, 2005).

Στην προσπάθεια ανάπτυξης συστημάτων συλλογής ομβρίων στην Αφρική ηγείται η Κένυα, η οποία έχει πολύ μεγάλη παράδοση στα συστήματα αυτά (εκτείνεται στα βάθη των αιώνων). Στα μέσα του εικοστού αιώνα, η Κυβέρνηση της χώρας ξεκίνησε την κατασκευή συστημάτων συλλογής ομβρίων, που εξυπηρετούσαν τις κοινότητες στην ημι-άνυδρη περιοχή Kitui. Η μεγάλη ποικιλία γεωγραφικών και κλιματικών συνθηκών στη χώρα, έδωσε την δυνατότητα ανάπτυξης ενός πολύ μεγάλου φάσματος τεχνολογιών συλλογής ομβρίων για την ύδρευση, τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Υπάρχουν αρκετοί κατασκευαστές δεξαμενών αποθήκευσης ομβρίων από πλαστικό, μέταλλο και άλλα υλικά με έδρα το Ναϊρόμπι, οι οποίοι πωλούν τις δεξαμενές τους σε όλη την Ανατολική Αφρική αλλά και πέρα από αυτή (Lo and Gould, 2015). Σε πολλά μέρη της Κένυας, το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για την Ανάπτυξη (United Nations Development Programme-UNDP), καθώς και η Παγκόσμια Τράπεζα θεωρούν τις δεξαμενές αποθήκευσης ομβρίων ως ένα ουσιαστικό μέρος των προγραμμάτων τους για την Ύδρευση και την Αποχέτευση (Liu *et al.*, 2016). Το έτος 1994 ιδρύθηκε η Kenya Rainwater Association που είναι η πρώτη εθνική ένωση για το θέμα αυτό στην Αφρική. Σε γενικές γραμμές, στην Κένυα έχουν κατασκευαστεί δεκάδες χιλιάδες συστήματα συλλογής ομ-

βρίων από ένα ευρύ φάσμα οργανώσεων, με αποτέλεσμα εκατομμύρια άνθρωποι να επωφελούνται από την τεχνολογία αυτή (Lo and Gould, 2015).

Στη Μποτσουάνα, κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν κατασκευαστεί χιλιάδες συστήματα ομβροσυλλογής από στέγες και δεξαμενές αποθήκευσης σε δημοτικά σχολεία, κλινικές και κυβερνητικά κτίρια σε όλη τη χώρα από τα δημοτικά και περιφερειακά συμβούλια υπό την επίβλεψη του Υπουργείου Τοπικής Αυτοδιοίκησης, Γης και Στέγασης (Ministry of Local Government, Land and Housing). Επίσης, η Κυβέρνηση έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για να επιτύχει επισιτιστική ασφάλεια και υποστηρίζει την κατασκευή μικρής κλίμακας δεξαμενών (small scale ponds) που αποθηκεύουν το συλλεγόμενο νερό με επιφανειακή απορροή για την κτηνοτροφία και αρδευτικούς σκοπούς (UN-HABITAT, 2005).

Η Ιαπωνία είναι μια από τις ανεπτυγμένες χώρες της Ασίας, που έχει έντονη διεθνή δραστηριότητα ανταλλαγής εμπειριών στον τομέα της αξιοποίησης των ομβρίων (König and Sperfeld, 2006). Από τα μέσα της δεκαετίας του '80, το Τόκιο και άλλες ιαπωνικές πόλεις, αλλά και οι περισσότεροι Δήμοι και οργανισμοί της χώρας δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην αξιοποίηση των ομβρίων στην προσπάθεια τους να εξασφαλίσουν πηγές νερού για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, την πρόληψη των αστικών πλημμυρών, την αποκατάσταση του φυσικού υδρολογικού κύκλου και την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών νερού για μη πόσιμη χρήση (König, 2001).

Οι εμπειρίες των αρμοδίων της χώρας από την ασυνήθιστη ξηρασία του 1994 και οι δυσκολίες που προέκυψαν από το μεγάλο σεισμό του 1995 μεγέθους 7,3 της κλίμακας Ρίχτερ στην υδροδότηση των περιοχών που επλήγησαν παρακίνησαν πολλούς Δήμους να εξετάσουν την ανεύρεση εναλλακτικών πηγών υδατικών πόρων, την πρόληψη των αστικών πλημμυρών και την εξασφάλιση νερού ύδρευσης για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών λόγω μεγάλων καταστροφών. Το θέμα ρυθμίστηκε με την έκδοση σχετικού διατάγματος και κατευθυντήριων γραμμών (οδηγίες) ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες για την προώθηση της συλλογής και της αποθήκευσης των ομβρίων (Furumai *et al.*, 2008).

Ένα άλλο σημαντικό γεγονός, που προκάλεσε την απότομη αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών που εγκατέστησαν δεξαμενές αποθήκευσης ομβρίων για την αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών, ήταν ο σεισμός και το τσουνάμι που έπληξαν την βόρεια Ιαπωνία το Μάρτιο του 2011. Σύμφωνα με έρευνα της Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology που έγινε τον Απρίλιο του 2011, 208 Δήμοι εφαρμόζουν προγράμματα επιδότησης για την κατασκευή συστημάτων αποθήκευσης ή φιλτραρίσματος των ομβρίων υδάτων. Από αυτούς, οι 179 παρέχουν επιδοτήσεις για την αποθήκευση ομβρίων (δεξαμενές) (JFS, 2014).

Τον Απρίλιο του 2014, το Ιαπωνικό Κοινοβούλιο ψήφισε το νόμο για την προώθηση της χρήσης των ομβρίων. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, οι Δήμοι υποχρεούνται να καταβάλλουν προσπάθειες για να καθορίσουν και να εργαστούν προς την κατεύ-

θυνση των στόχων αξιοποίησης των ομβρίων, ενώ η εθνική κυβέρνηση υποχρεούται να παρέχει την οικονομική υποστήριξη για τα προγράμματα επιδότησης. Με τις ρυθμίσεις αυτές αναμένεται μια εθνική κινητοποίηση για την προώθηση της τεχνικής συλλογής των ομβρίων (JFS, 2014).

Στη Μαλαισία έγινε επίσημα η εισαγωγή των συστημάτων συλλογής ομβρίων μετά τη σοβαρή κρίση λειψυδρίας που αντιμετώπισε η χώρα από την ξηρασία λόγω των κλιματικών αλλαγών (φαινόμενο El Nino), το έτος 1998. Ως αρχική φάση έναρξης της πολιτικής της Κυβέρνησης για τη συλλογή των ομβρίων θεωρείται το έτος 1999 με την έκδοση των οδηγιών για την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής ομβρίων και αξιοποίησης τους. Ο αντικειμενικός στόχος των οδηγιών αυτών ήταν: (α) η μείωση της εξάρτησης από το δημόσιο σύστημα ύδρευσης, (β) η δημιουργία ενός κατάλληλου ρυθμιστή για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων και (γ) η αδυναμία του δημόσιου συστήματος ύδρευσης να καλύψει τις υδρευτικές ανάγκες. Επίσης, οι οδηγίες προβλέπουν την κατασκευή «μικρών φραγμάτων» (“mini dams”) ή την εγκατάσταση δεξαμενών νερού στις αστικές περιοχές αντί της κατασκευής μεγάλων φραγμάτων στα ανάντη (Mohd.-Shawahid *et al.*, 2007). Επιπλέον, οι οδηγίες αυτές μπορούν να αποτελέσουν ένα «ιδανικό εγχειρίδιο» αναφοράς για όποιον θέλει να εγκαταστήσει ένα σύστημα συλλογής ομβρίων και να το αξιοποιήσει (MHLG, 2008). Το έτος 2006 το Υπουργείο Υγείας ανακοίνωσε ότι έχουν εγκατασταθεί στη χώρα 29.865 συστήματα συλλογής ομβρίων από τα οποία τα 20.000 περίπου έχουν εγκατασταθεί στην επαρχία Sabah για την υδροδότηση αγροτικών απομονωμένων περιοχών, ενώ ο Υπουργός Παιδείας ανακοίνωσε ότι στην ίδια επαρχία υδροδοτούνται 117 σχολεία με συστήματα συλλογής ομβρίων (Saidin, 2009). Στις 27 Μαρτίου 2007, η Κυβέρνηση της Μαλαισίας αποφάσισε να καταστήσει υποχρεωτική τη συλλογή των ομβρίων στα μεγάλα κτίρια, όπως είναι οι βιομηχανίες, στα σχολεία και στις παραθεριστικές μονοκατοικίες (bungalows). Η απόφαση αυτή, παρά τους περιορισμούς ως προς τα κτίρια που περιλαμβάνει, θεωρείται ότι ένα σωστό βήμα για τη δημιουργία περισσότερων βιώσιμων κτιρίων στη Μαλαισία (Ab Rahman *et al.*, 2010). Σήμερα η συλλογή ομβρίων αποτελεί μια από τις υποχρεώσεις για την απόκτηση του Green Building Index, γεγονός μεγάλης σημασίας, αφού ενθαρρύνει την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων στα νέα κτίρια, συμβάλλει στην καταπολέμηση των μελλοντικών ελλείψεων στην υδροδότηση και ενεργεί ως ρυθμιστικό εργαλείο σε περιόδους κρίσης νερού (Andrew and Wong, 2015).

Στην Κίνα άρχισε να αυξάνεται το ενδιαφέρον για τις δυνατότητες της συλλογής των ομβρίων για τη βελτίωση της φυτικής παραγωγής μετά τις εκτεταμένες ξηρασίες της δεκαετίας του 1980, τις σοβαρές ελλείψεις πόσιμου νερού και τις καταστροφές των καλλιεργειών, που επακολούθησαν (Li, 2003).

Η τεχνική της συλλογής των ομβρίων και η αξιοποίησή τους εφαρμόζεται στην Κίνα κυρίως σε περιοχές που παρουσιάζουν τις εξής μορφές έλλειψης νερού (Liu *et al.*, 2016): (α) Σε περιοχές με ανεπάρκεια σε νερό χωρίς υδατικούς πόρους, όπως

είναι η Gansu και η κεντρική Ningxia. (β) Σε περιοχές με εποχιακή έλλειψη ύδατος, όπως είναι οι Fujian, Guizhou, Hubei και άλλες ορεινές περιοχές. (γ) Σε περιοχές με ανεπάρκεια σε νερό αλλά και με δυσκολία στην εκμετάλλευση του, όπως είναι οι νοτιοδυτικές ορεινές περιοχές της χώρας. (δ) Σε περιοχές με ανεπάρκεια σε νερό λόγω της κακής ποιότητας αυτού.

Το 1995/96, εφαρμόστηκε στην επαρχία Gansu το Πρόγραμμα Gansu Rainwater Catchment Project γνωστό ως “121” με το οποίο δόθηκε η δυνατότητα στους αγρότες να κατασκευάσουν μια επιφάνεια από σκυρόδεμα (100 m^2) για τη συλλογή ομβρίων, δύο δεξαμενές αποθήκευσης από σκυρόδεμα ($30\text{-}50 \text{ m}^3$) και επιπλέον, τους διετέθη ένα τμήμα γης (χωράφι) έκτασης 670 m^2 για μικροάρδευση με τη χρήση μέρους του αποθηκευμένου νερού, με σκοπό την παραγωγή καλλιεργειών υψηλής αγοραστικής αξίας (Zhu and Yanong, 2006). Το έργο αυτό αποδείχτηκε επιτυχές, τόσο για την παροχή πόσιμου νερού σε 1.300.000 ανθρώπους, όσο και για την ανάπτυξη αρδευόμενων εκτάσεων για μια «οικονομία αυλής». Από το 2000, έχουν κατασκευαστεί στην επαρχία Gansu συνολικά 2.183.000 δεξαμενές αποθήκευσης ομβρίων με συνολική χωρητικότητα $73.100.000 \text{ m}^3$, με αποτέλεσμα την εξασφάλιση πόσιμου νερού για 1.970.000 ανθρώπους και τη συμπληρωματική άρδευση 236.400 ha γης. Δεκαεπτά επαρχίες στην Κίνα έχουν υιοθετήσει την τεχνική αξιοποίησης των ομβρίων με την κατασκευή $5.600.000$ δεξαμενών με συνολική χωρητικότητα $1,8 \times 10^9 \text{ m}^3$ για την ύδρευση $15.000.000$ περίπου ανθρώπων και τη συμπληρωματική άρδευση $1.200.000 \text{ ha}$ γης (Lo and Gould, 2015).

Συστήματα συλλογής ομβρίων έχουν κατασκευαστεί και σε άλλες βορειοδυτικές επαρχίες της χώρας, όπως είναι η Αυτόνομη Περιφέρεια Ningxia, η Shanxi Shaanxi και η αυτόνομη περιοχή της Εσωτερικής Μογγολίας, καθώς και οι νοτιοδυτικές και νοτιοανατολικές επαρχίες, όπως είναι η αυτόνομη περιοχή Guangxi και η επαρχία Guizhou. Η συλλογή ομβρίων υδάτων έχει μια σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη των ημι-άνυδρων αγροτικών περιοχών της Κίνας και ουσιαστικά έχει λύσει τα προβλήματα του πόσιμου νερού των ανθρώπων που ζουν στις ημι-άνυδρες ορεινές περιοχές (Li, 2003).

Στην Ινδία πολλές πόλεις δεν έχουν επαρκή αποθέματα νερού για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Η αστική ανάπτυξη καθιστά δύσκολη και δαπανηρή την κατασκευή φραγμάτων, αγωγών και καναλιών, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην εποχή μας για την παροχή νερού στις πόλεις (MARWAS AG, 2010). Η συλλογή ομβρίων στηρίζει τη γεωργία στην Ινδία εδώ και πολλά χρόνια. Επιπλέον, υπάρχει ζήτηση στις αστικές περιοχές για νέες μεθόδους για τα αποκεντρωμένα συστήματα παροχής νερού (König and Sperfeld, 2006). Από το έτος 2000 και μετά, έχει αλλάξει το νομικό πλαίσιο στα διάφορα Κρατίδια και τις Ομοσπονδιακές Περιφέρειες της χώρας προκειμένου να προωθηθεί η συλλογή των ομβρίων (Dhoble and Bhole, 2006). Σήμερα, τα συστήματα συλλογής του βρόχινου νερού είναι υποχρεωτικά για τα νέα κτίρια σε 18 από τα 28 Κρατίδια και σε 4 από 7 Ομοσπονδιακές Περιφέρειες της χώρας (MARWAS AG, 2010).

Η Γερμανία έχει αναπτύξει νέα και εξελιγμένα συστήματα και τεχνικές για τη συλλογή ομβρίων και θεωρείται ως μία από τις πρωτοπόρες χώρες στον κόσμο στον τομέα αυτό. Συγκεκριμένα, η Γερμανία κατέχει ηγετική θέση στην Ευρώπη με περισσότερα από 1.500.000 εγκατεστημένα συστήματα ομβροσυλλογής όχι μόνο σε σπίτια για χρήση στην τουαλέτα, σε πλυντήρια αυτοκινήτων και στην άρδευση των κήπων (Galbraith, 2012), αλλά και σε υδροβόρες βιομηχανίες (Herrmann and Schmida, 1999). Σύμφωνα με την Environment Agency (E.A., 2010) στο 35% των νέων κτιρίων της χώρας έχει εγκατασταθεί σύστημα συλλογής ομβρίων, ενώ κάθε χρόνο εγκαθίστανται σε κατοικίες τέτοια συστήματα από 50.000 (Nolde, 2007) μέχρι 80.000 (Partzsch, 2009). Όπως σημειώνει η Partzsch (2009), από το 2005 και μετά, κάθε τρίτο νέο κτίριο στη Γερμανία εφοδιάζεται με μια δεξαμενή αποθήκευσης βρόχινων νερών.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 η Γερμανία είχε αρχίσει να χρησιμοποιεί τη συλλογή των ομβρίων ως μια εναλλακτική λύση των υφιστάμενων στις πόλεις της συστημάτων αποχέτευσης (χωριστικών και παντοροϊκών) προκειμένου να προστατεύσει από τη μόλυνση των ομβρίων τα υδάτινα σώματα. Αυτό αποτέλεσε και μια μορφή συμμόρφωσης σε μια σειρά οδηγιών, συμπεριλαμβανομένης και της Οδηγίας 91/271/EEC για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων (UWWTD) με μείωση των υπερχειλίσεων των παντοροϊκών δικτύων αποχέτευσης (Butler and Ward, 2009).

Το έτος 1988 το Ομόσπονδο Κρατίδιο (Ο.Κ. - Bundesländer) του Αμβούργου ήταν το πρώτο στη χώρα που καθιέρωσε ένα πρόγραμμα επιδότησης για την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής νερού της βροχής σε κτίρια. Με το πρόγραμμα αυτό, σε επτά έτη, χρηματοδοτήθηκαν 1.500 περίπου ιδιοκτήτες ακινήτων από τους οποίους το 94% ανέφεραν ότι ήταν γενικά ευχαριστημένοι και δεν είχαν καμία επιφύλαξη για να συστήσουν τη χρήση των ομβρίων υδάτων και σε άλλους ιδιοκτήτες (Brandes *et al.*, 2006).

Ωστόσο, πολλά Ο.Κ. και Δήμοι έχουν θέσει σε εφαρμογή μια σειρά μέτρων για την ενθάρρυνση της συλλογής των ομβρίων και τον οικολογικό σχεδιασμό των κτιρίων (Partzsch, 2009). Όπως αναφέρουν οι Brandes *et al.* (2006) το έτος 1993, το Ο.Κ. της Έσσης ήταν το πρώτο που άλλαξε τον οικοδομικό κανονισμό, δίνοντας στους Δήμους και στις Κοινότητες τη δυνατότητα να κάνουν υποχρεωτική τη χρήση της τεχνολογίας των συστημάτων συγκέντρωσης βρόχινων υδάτων. Στη συνέχεια, ακολούθησαν την ίδια πολιτική και τα Ο.Κ. της Βάδης-Βυρτεμβέργης, του Σάαρ, της Βρέμης, της Θουριγγίας και του Αμβούργου (Brandes *et al.*, 2006). Οι αλλαγές αυτές ήταν καταλυτικές και δημιούργησαν μια νέα εποχή στη χωροταξία των Δήμων, ενώ εισήγαγαν μια διαδικασία τεχνικής καινοτομίας για τη βελτίωση της απόδοσης και της μείωσης του κόστους όσον αφορά στα συστήματα συλλογής ομβρίων.

Σήμερα, υπάρχει μια τάση στους Δήμους της χώρας να χωρίζουν τα τέλη για την

αστική αποχέτευση σε δύο κατηγορίες δηλαδή σε τέλη που αφορούν στον όγκο των λυμάτων και σε τέλη που αφορούν στον όγκο της απορροής των ομβρίων, ο οποίος εξαρτιέται από το εμβαδό των αδιαπέραστων επιφανειών (Herrmann and Schmida, 1999). Σε περίπτωση που ο ιδιοκτήτης του ακινήτου συγκρατεί ή διηθεί στο έδαφος την απορροή των ομβρίων τότε απαλλάσσεται του αντίστοιχου τέλους. Έτσι, υπάρχει ένα μόνιμο οικονομικό κίνητρο για την αποσύνδεση των στεγών και των αδιαπέραστων επιφανειών των κτιρίων από τους υπονόμους (Mathur *et al.*, 2005).

Στο Ηνωμένο Βασίλειο, υπάρχει ένας «κώδικας για τα βιώσιμα σπίτια» (code for sustainable homes) που εφαρμόζεται στην Αγγλία, στη Βόρεια Ιρλανδία και στην Ουαλία. Οι ιδιοκτήτες ακινήτων στις χώρες αυτές καλούνται μεν να εφαρμόσουν τον κώδικα στις νέες κατοικίες αλλά όχι υποχρεωτικά. Ειδικότερα, οι ιδιοκτήτες νέων σπιτιών ενθαρρύνονται να εξοικονομήσουν χρήματα και υδατικούς πόρους με την εγκατάσταση συστημάτων συλλογής βρόχινων νερών για τις τουαλέτες, το πλύσιμο των ρούχων, το πότισμα των κήπων και το πλύσιμο των αυτοκινήτων (CLG, 2008).

Στη Γαλλία, σύμφωνα με μια έρευνα που διεξήχθη το 2009, στις αστικές περιοχές το 15% των Γάλλων διαθέτουν κάποιο σύστημα συλλογής ομβρίων (Belmeziti *et al.*, 2009).

Το Βέλγιο έχει εθνική νομοθεσία που υποστηρίζει τέτοιου είδους πρακτικές και η οποία ορίζει ότι όλες οι νέες κατασκευές πρέπει να έχουν ένα σύστημα συλλογής ομβρίων, το νερό του οποίου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πλύσιμο της τουαλέτας και για τις εξωτερικές χρήσεις του νερού. Η νομοθεσία αυτή έχει σχεδιαστεί για δύο κυρίως λόγους: (α) Για να συμβάλει στη μείωση της ζήτησης νερού από το δίκτυο ύδρευσης και (β) Για να συλλέγεται και να χρησιμοποιείται το νερό της βροχής, ως μέρος των συστημάτων Sustainable Drainage Systems (SUDS) (E.A., 2010). Στην ομόσπονδη περιοχή της Φλάνδρας στο Βέλγιο, το 10% της τρέχουσας κατανάλωσης νερού από τα νοικοκυριά προέρχεται από συλλογή ομβρίων και τα οποία καταναλώνουν το 72% της συνολικής χρήσης βρόχινων νερών της περιοχής (Campling *et al.*, 2008).

Στην Πορτογαλία οι κατευθυντήριες γραμμές της ERSAR (Water and Waste Services Regulation Authority) δίνουν τη δυνατότητα χρήσης των ομβρίων μόνο για μη πόσιμη χρήση και κυρίως, για αρδευτική (Almeida *et al.*, 2006 as cited by Silva *et al.*, 2015). Η ANQIP (National Association for the Quality of Building Installations), που είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση προώθησης της βιωσιμότητας του νερού σε επίπεδο κτιρίου, δημοσίευσε το 2012 ένα τεχνικό έγγραφο (ETA 0701, 2012), που περιγράφει τις διαδικασίες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εγκατάσταση των συστημάτων συλλογής ομβρίων στα κτίρια της Πορτογαλίας (Silva *et al.*, 2015).

Στη Μάλτα ένα σημαντικό ποσοστό 35,4% των νοικοκυριών χρησιμοποιεί σήμερα

τη συλλογή ομβρίων, από τα οποία το 33,6% συλλέγουν σε υπόγειες δεξαμενές και ένα μικρό ποσοστό 1,8% σε πλαστικά δοχεία (Cardona, 2006). Επιπλέον, από το έτος 2004, ισχύουν για τις νέες κατασκευές οι ρυθμίσεις της ΜΕΡΑ (Malta Environment and Planning Authority), οι οποίες ρυθμίζουν θέματα εκμετάλλευσης των απορροών ομβρίων, όπως π.χ. είναι η επιφάνεια συλλογής, ο όγκος της δεξαμενής αποθήκευσης, κ.λπ. (Reitano, 2011).

6. Επίλογος

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν πολλές χώρες σε παγκόσμιο επίπεδο είναι η λειψυδρία. Συγκεκριμένα, σε πολλές χώρες οι υφιστάμενοι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι δεν μπορούν να καλύψουν τις αστικές, βιομηχανικές, γεωργικές και λοιπές ανάγκες σε νερό. Το πρόβλημα επιδεινώνεται από διάφορες αιτίες μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η αλλαγή του κλίματος, η ρύπανση των υδατικών πόρων, η αστυφιλία, η υπερκατανάλωση, η αύξηση του πληθυσμού της γης, η ανάγκη για την αύξηση της παραγωγής τροφίμων, κ.λπ.

Σε γενικές γραμμές, η στρατηγική που ακολουθείται είναι η κατασκευή έργων υποδομής μεγάλης κλίμακας, τα οποία μπορούν μεν να εξασφαλίζουν νερό, αλλά η κατασκευή τους δεν έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στην περίπτωση της αύξησης του πληθυσμού, ενώ παράλληλα έχουν σημαντικές κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις και παράλληλα απαιτούν σημαντικές επενδύσεις. Συνεπώς, χρειάζεται μια διαφορετική παγκόσμια στρατηγική διαχείρισης των υδατικών πόρων, απαιτείται δηλαδή ένας νέος τρόπος σκέψης ως προς τη χρήση του νερού, ώστε να υπάρχει ελπίδα για τη δημιουργία μιας αποτελεσματικής, αποδοτικής και αξιόπιστης διαχείρισης στο μέλλον.

Διάφοροι ερευνητές, όπως π.χ. οι Worm and van Hattum (2006) υποστηρίζουν πως μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του 21ου αιώνα είναι η αντιμετώπιση των αυξανόμενων ελλείψεων νερού σε όλο τον κόσμο. Η συνεχιζόμενη αυξανόμενη ζήτηση νερού από διάφορους χρήστες και οι πιέσεις που συνεπάγεται στους υδατικούς πόρους έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον, παγκοσμίως, για την αναζήτηση εναλλακτικών πηγών νερού, όπως είναι το γκρι νερό (grey water), το αφαλατωμένο νερό (desalination water) και το νερό της βροχής (rainwater).

Η συλλογή των ομβρίων είναι ένα σημαντικό μέσο για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των υδατικών πόρων, η οποία ταυτόχρονα προωθεί και την αειφόρο ανάπτυξη. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται σε διάφορες περιοχές του κόσμου για να λύσει ή να μειώσει τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους. Πολλές χώρες που υιοθετούν στρατηγικές για τη διατήρηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων συμπεριλαμβάνουν και τη προώθηση της χρήσης του συστήματος συλλογής ομβρίων για την άρδευση των κήπων, τη γεωργία, κ.λπ. (Thamer *et al.*, 2007).

Η ποσότητα και η ποιότητα του νερού της βροχής που συλλέγεται είναι διαφορετι-

κή από περιοχή σε περιοχή, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, τη γεωγραφική θέση, τη δραστηριότητα στη περιοχή και την δεξαμενή αποθήκευσης. Επιπλέον, το νερό της βροχής έχει πολλές δυνατότητες ως εναλλακτική πηγή νερού για το μέλλον, λόγω της υψηλής του ποιότητας. Ας σημειωθεί ότι η ποιότητα του νερού της βροχής είναι πάντα καλύτερη από αυτή των επιφανειακών υδάτων και μπορεί να συγκριθεί με την ποιότητα του νερού των υπόγειων υδάτων, λόγω του ότι δεν έρχεται σε επαφή με το έδαφος και τους βράχους, όπου μπορεί να διαλύσει τα άλατα και τα ορυκτά, τα οποία είναι επιβλαβή για πόσιμη και μη πόσιμη χρήση.

Το νερό της βροχής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμη και μη πόσιμη χρήση. Ως πόσιμη χρήση νοείται η ανθρώπινη κατανάλωση, η ατομική καθαριότητα, το μαγείρεμα και το πλύσιμο των πιάτων, ενώ ως μη πόσιμη θεωρείται οποιαδήποτε άλλη χρήση. Στην περίπτωση της πόσιμης χρήσης το νερό της βροχής θα πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία για την απομάκρυνση των προσμίξεων και την αποφυγή οποιαδήποτε μόλυνσης. Αντίθετα για μη πόσιμες χρήσεις δεν είναι απαραίτητη η επεξεργασία.

Το ενδιαφέρον των διαφόρων χωρών για τη συλλογή των ομβρίων έχει ανανεωθεί εδώ και μερικές δεκαετίες, χρειάζεται, ωστόσο, ακόμη σημαντική προσπάθεια για έρευνα, επενδύσεις, ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού για τη σημασία της ομβροσυγκέντρωσης, οικονομικά κίνητρα (επιδοτήσεις και φορολογικές απαλλαγές), νομοθετικές ρυθμίσεις και σε μερικές περιπτώσεις (όπου οι συνθήκες των απαιτούν) τη θέσπιση της υποχρεωτικής κατασκευής των συστημάτων συλλογής ομβρίων, είτε σε επίπεδο μεμονωμένης ιδιοκτησίας, είτε σε επίπεδο συγκροτήματος ιδιοκτησιών.

Βιβλιογραφία

- Ab Rahman, S., Sahat, R. & Md Khalid, R. (2010). Sustainable water management: A case study of Putrajaya Malaysia. Pres. at the *16th International Sustainable Development and Research Conference*. Hong Kong.
- Abdel Khaleq, R.A. and Alhaj Ahmed, I. (2006). Rainwater Harvesting in Ancient Civilizations in Jordan. Pres. at *IWA 1st International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*. Iraklio, Greece.
- Agarwal, A., and Narain, S. (1997). *Dying Wisdom: Rise, Fall and Potential of India's Traditional Water Harvesting Systems*. New Delhi, India: Centre for Science and Environment (CSE).
- Alexandratos, N. and Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision*. ESA Working Paper No. 12-03. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Ammar, A., Riksen, M., Ouessar, M. and Ritsema, C. (2016). Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review. *Intern. Soil*

- and *Water Conserv. Res.*, 4(2), pp. 108-120.
- Anaya-Garduno, M. (1997). Experiences on Water Harvesting in Mexico. Pres. at *8th International Conference on Rainwater Catchment Systems Rainwater Catchment for Survival*, Tehran, Iran.
- Andrew, L.K.F. and Wong, S.S.S. (2015). Adequacy of Rainwater Harvesting System in Humid Tropical Malaysia. *International Journal of Development Research*, 5(11), pp. 5927-5931.
- Angelakis, A. N. and Spyridakis, S. V. (2013). Major Urban Water and Wastewater Systems in Minoan Crete, Greece. *Water Sci. and Techn., Water Supply*, 13 (3), pp. 564-573.
- Belmeziti, A., Coutard, O. and de Gouvello, B. (2003). A New Methodology for Evaluating Potential for Potable Water Savings (PPWS) by Using Rainwater Harvesting at the Urban Level: The Case of the Municipality of Colombes (Paris Region). *Water*, 5, pp. 312-326.
- Biermann, S. and Butler, R. (2015). Chapter 5. Physical verification of household rainwater tank systems. In: A.K. Sharma, D. Begbie and T. Gardner (eds.) *Rainwater Tank Systems Urban Water Supply: Design, Yield, Energy, Health Risks, Economics and Social Perceptions*. IWA Publ., pp. 101-125.
- Boers, Th.M. (1994). *Rainwater Harvesting in Arid and Semi-Arid Zones*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Publ. No. 55, Wageningen, The Netherlands.
- Boers, Th.M. and Ben-Asher, J. (1982). A review of rainwater harvesting. *Agricultural Water Management*, 5, pp. 145-158.
- Brandes, O.M., Maas, T. and Reynolds, E. (2006). *Thinking Beyond Pipes and Pumps: Top 10 Ways Communities Can Save Water and Money*. The POLIS Project on Ecological Governance, University of Victoria, Victoria, British Columbia, Canada. Available at: http://poliswaterproject.org/sites/default/files/ThinkingBeyond_eng_highres.pdf (accessed January 20, 2017).
- Bruins, H. J., Evenari, M. and Nessler, U. (1986). Rainwater-harvesting agriculture for food production in arid zones: the challenge of the African famine. *Applied Geography*, 6, pp. 13-32.
- Butler, D. and Ward, S. (2009). *Report on approaches to UWWTD compliance in relation to CSOs in major cities across the EU*. Internal Report, Exeter Enterprise, University of Exeter.
- Campling, P., De Nocker, L., Schiettecatte, W., Iacovides, A.I, Dworak, T., Arenas, M.A., Pozo, C.C., Le Mat, O., Mattheiß, V. and Kervarec, F. (2008). *Assessment of the Risks and Impacts of Four Alternative Water Supply Options*. Task 1 Report – Version 2: Study undertaken for the European Commission – DG Environment (Service contract No. 070307/2008/496501/SER/D2).
- Cardona, C. (2006). *An Integrated Approach Towards Assessing the Feasibility of Domestic RH in Malta*. Available online at:

- < <http://gwadi.org/sites/gwadi.org/files/Cardona.pdf>> (accessed May 20, 2016).
- CLG (Communities and Local Government) (2008). *Code for Sustainable Homes: Technical Guide*. Department for Communities and Local Government, London Available at: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20151113141044/http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sustainable_homes_techguide_oct08.pdf (accessed January 20, 2017).
- CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation) (2013). *Collecting and Using Rainwater at Home: A Guide for Homeowners*. Canada Mortgage and Housing Corporation. Canada. INH15-474/2013E 978-1-100-22755-9.
- Coombes, P. (2006). *Guidance on the Use of Rainwater Harvesting Systems for Rain Harvesting*. Available at: http://rainharvesting.com.au/wp-content/uploads/media_Research_Assoc_Prof_Peter_Coomber_Expert_Report_for_Guidance_of_Rainwater_Harvesting_Systems_2006.pdf (accessed January 20, 2017).
- Critchley, W.R.S. (1986). Introduction and overview of runoff harvesting. Pres. at the *World Bank Workshop on water harvesting in Sub-Saharan Africa*, Baringo, Kenya.
- Currier, W.F. (1973). Water Harvesting by Trick Tanks, Rain Traps and Guzzlers. Pres. at the *Water-Animal Relations Symposium*, Twin Falls, Idaho.
- Das, D.C. (1985). Surface water development in arid zones. In: *Sand dune stabilisation, shelterbelts and afforestation in dry zones*. FAO conservation guide 10, FAO, Rome.
- Dhoble, R. M. and Bhole, A.G. (2006). Review of Rain Water Harvesting in India. Pres. at the *National Seminar on Rainwater Harvesting and Water Management*, Nov. 11-12, 2006, Nagpur, India.
- E.A. (Environmental Agency) (2010). *Harvesting Rainwater for Domestic Uses: An Information Guide*. Environment Agency, Bristol, U.K.
- Evenari, M. L., Shanan L., Tadmor, N. and Aharoni, Y. (1961). Ancient agriculture in the Negev. *Science*, 133, pp. 979-996.
- Evenari, M., Shanan, L. and Tadmor, N. (1971). *The Negev: The challenge of a desert*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Fidelibus, M. and Bainbridge, D. (1995). *Microcatchment Water Harvesting for Desert Revegetation*. SERG Restoration Bulletin 5, SERG Soil Ecology and Restoration Group, San Diego State University, San Diego, CA, 12 pp.
- Frasier, G. W. and Myers L. E. (1983). *Handbook of Water Harvesting*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 600.
- Furumai, H, Kim, J., Imbe, M. and Okui, H. (2008). Recent application of rainwater storage and harvesting in Japan. Pres. at the *3rd IWA International Rainwater Harvesting and Management Workshop* as a part of IWA-Viena World Water Congress & Exhibition, Vienna, Austria.
- Galbraith, K. (2012). *Saving up for a Dry Day*. The New York Times online. http://www.nytimes.com/2012/11/15/business/energy-environment/15iht-green15.html?_r=2& (accessed April 24, 2016).
- Geddes, H.J. (1963). Water Harvesting. Pres. at the *National Symposium of Water Re-*

- sources, Use and Management*. Australian Academy of Sciences, Canberra, Australia.
- Geddes, H.J. (1974). Achievements in Water Harvesting Technology in Australia. Pres. at the *International Workshop on Farming Systems*, November 18-21, 1974. ICRISAT, Begumpet, India.
- Gnadlinger, J. (2007). P1MC and P1+2, two Community Based Rainwater Harvesting Programs in Semi-Arid Brazil. Pres. at the *13th International Rainwater Catchment Systems Conference*, August 2007, Sydney, Australia.
- Habtamu, G (1999). Rainwater harvesting concepts and issues in Ethiopia. Pres. at the *Founding Conference of the Ethiopia Rainwater Harvesting Association (ERHA)*. Addis Ababa, Ethiopia.
- Han, M. and Park, J. (2007). Innovative Rainwater Harvesting and Management in the Republic of Korea. Pres. at *13th International Rainwater Catchment Systems Conference on Rainwater and Urban Design 2007*, Sydney, Australia.
- Haque, M.M., Rahman, A. and Samali, B. (2016). Evaluation of climate change impacts on rainwater harvesting. *Journal of Cleaner Productions*, 137, pp. 60-69.
- Hasse, R. (1989). Rainwater Reservoirs Above Ground Structures for Roof Catchment. Antwerp Humanity Development Library. In: *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH*. A Publication of Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien –GATE.
- Heggen, R. J. (2000). Rainwater catchment and the challenges of sustainable development. *Water Science and Technology*, 42(1–2), 141–145.
- Heijnen, H. (2013). *Enhancing Economic Resilience in North Eastern Brazil by Harnessing Rain*. ASA. Espinheiro, Recife, Brazil.
- Herrmann, T. and Schmida, U. (1999). Rainwater utilisation in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, 1, pp. 307-316.
- Hodge, A.T. (1992). *Roman Aqueducts and Water Supply*. Duckworth, London, UK
- Huibers, F.P. (1985). *Rainfed agriculture in a semi-arid tropical climate: aspects of land and water management for Red Soils in India*. Doctoral Thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands.
- JFS (Japan for Sustainability) (August 24, 2014). *Let's Use Rainwater! Recent Trends in Rainwater Use in Japan*. Available at: http://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id035023.html (accessed January 20, 2017).
- Khastagir, A. and Jayasuriya, N. (2011). Investment evaluation of rainwater tanks. *Water Resour. Manage.*, 25 (14), pp. 3769–3784.
- König, K. W. and Sperfeld, D. (2006). *Rainwater Harvesting – A Global Issue Matures*. Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation. Darmstadt, Germany.
- König, K. (2001). *The Rainwater Technology Handbook* (1st ed.). Dortmund, Germany. Wilo-Brain.
- Krishna, H.J. (2007). Development of Alternative Water Resources in the USA: Progress with Rainwater Harvesting. Pres. at the *13th International Rainwater Catchment Sys-*

- tems Conference on Rainwater and Urban Design*. Sydney, Australia.
- Kutsch, H. (1983). Currently used techniques in rainfed water concentrating culture, the example of the Anti-Atlas. *Applied Geography and Development*, 21, pp. 108-117.
- Lade, O. and Oloke, D. (2015). Modelling Rainwater System Harvesting in Ibadan, Nigeria: Application to a Residential Apartment. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 3(3), pp. 86-100.
- Lauritzen, C. W. and Thayer, A. A. (1966). *Raintraps for intercepting and storing water for livestock*. Agriculture Information Bulletin No. 307, USDA (United States Department of Agriculture), Washington, DC, 10 pp.
- Lauritzen, C.W. (1960). Ground Covers for Collecting Precipitation. *Farm & Home Science*, 21(3), *Utah Science*, 21(3), Article 1, pp.66-67. Available at: <http://digitalcommons.usu.edu/utscience/vol21/iss3/1> (accessed December 15, 2016).
- Lauritzen, C.W. (1967). Rain traps of Steel. *Utah Science*, 28(3), 79-81.
- Li, F., Cook, S., Geballe, G.T. and Burch, W.R., Jr (2000). Rainwater Harvesting Agriculture: An Integrated System for Water Management on Rainfed Land in China's Semi-arid Areas. *Ambio*, 29(8), pp. 470-483.
- Li, X.-Y. (2003). Rainwater harvesting for agricultural production in the semiarid loess region of China Food. *Agriculture and Environment*, 1(3&4), pp. 282-285.
- Liu, L.-S., Liu, L.-G., Wu, L.-X., Wu, J.-P. and Huo, W.-J. (2016). *Problems and counter-measures on the safety of rainwater harvesting for drinking in China*. MATEC Web of Conferences 68, ICIEA 2016.
- Lizárraga-Mendiola, L., Vázquez-Rodríguez, G., Blanco-Piñón, A., Rangel-Martínez, Y. and González-Sandoval, M. (2015). Estimating the Rainwater Potential per Household in an Urban Area: Case Study in Central Mexico. *Water*, 7, pp. 4622-4637.
- Llopert-Mascaró, A., Ruiz, R., Martínez, M., Malgrat, P., Rusiñol, M., Gil, A., Suárez, J., Puertas, J., del Rio, H., Paraira, M. and Rubio, P. (2010). Analysis of rainwater quality: Towards sustainable rainwater management in urban environments -Sostaqua Project. Pres. at the *7th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management NOVATECH 2010*, Lyon (France).
- Lo, A.G. and Gould, J. (2015). Chapter 7. Rainwater Harvesting: Global Overview. In: Qiang Zhu, John Gould, Yuanhong Li and Chengxiang Ma (eds.) *Rainwater Harvesting for Agriculture and Water Supply*. Springer, pp. 213-233.
- MARWAS AG (2010). *Water & Water Treatment in India. Market Opportunities for Swiss Companies*. Osec, Stampfenbachstrasse 85, Zurich, Switzerland.
- Mathur, P.S., Prasad, D. and Kumar, D. (2005). *Rainwater Harvesting and Utilisation*. Blue Drop Series, Book 2: Beneficiaries & Capacity Builders. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), Water, Sanitation and Infrastructure Branch, Nairobi, Kenya.
- Matlock, W.G. and Dutt, G.R. (1986). *A primer on water harvesting and runoff farming*. Agricultural Engineering Department/University of Arizona, USA.
- Mays, L.W. (2010). A Brief History of Water Technology During Antiquity: Before the

- Romans. In: L.W. Mays (ed.), *Ancient Water Technologies*. Springer, pp. 1-28.
- Mays, L., Antoniou, G. and Angelakis, A. N. (2013). History of Water Cisterns: Legacies and Lessons. *Water*, 5 (4), pp. 1916-1940.
- Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D., Grabs, W., Kwadijk, J.C.J., Lang, H., Parmet, B.W.A.H., Schädler, B., Schulla, J. and Wilke, K. (2001). Impact of Climate Change on Hydrological Regimes and Water Resources Management in the Rhine Basin. *Climatic Change*, 49, pp. 105-128.
- MHLG (Ministry of Housing and Local Government (2008). *Guidelines for Installing a Rainwater Collection and Utilization System, 1999*. Ministry of Housing and Local Government. Malaysia.
- MoALD (1984). *Runoff harvesting for crop, range and tree production in the BPSAAP-area*. BPSAAP Interim Report, ch. 12, pp. 78-113.
- Mohd.-Shawahid, H.O, Suhaimi, A. R, Rasyikah, M. K, Jamaluddin, S.A, Huang, Y.F and Farah, M.S (2007). Policies and incentives for rainwater harvesting in Malaysia. Pres. at the *Colloquium on Rainwater Utilization*. Ministry of Natural Resources, Malaysia and National Hydraulic Research Institute of Malaysia (NAHRIM), April 19 & 20, 2007. Selangor, Malaysia.
- Myers, L. E. (1961). Waterproofing soil to collect precipitation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 16(6), 281-282.
- Myers, L.E. (1975). Water harvesting 2000 BC to 1974 AD. Pres. at the *Water Harvesting Symposium*, March 26-29, 1974, Phoenix, Arizona, Agricultural Research Service, USDA, February 1975, ARS W-22.
- Nolde, E. (2007). Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces. *Desalination*, 215, pp. 1-11.
- OECD (2009). Alternative Ways of Providing Water Emerging Options and Their Policy Implications. Advance copy for 5th World Water Forum. Available at www.oecd.org/env/resources/42349741.pdf (accessed May 15, 2016).
- Ozis, U. (1982). Outlook on Ancient Cisterns in Anatolia, Turkey. Pres. at *1st International Conference on Rain Water Cistern Systems*, Honolulu, Hawaii, USA.
- Pacey, A. and Cullis, A. (1986). *Rainwater Harvesting: The collection of rainfall and runoff in rural areas*. Intermediate Technology Publications. London.
- Pakianathan, E. (1989). A Study of Diversion and Delivery Systems in Rain Water Cisterns in India. Pres. at *4th International Rainwater Cistern Systems Conference*, Manila, Philippines.
- Pandey, D.P., Gupta, A.K. and Anderson, D.M. (2003). Rainwater harvesting as an adaptation to climate change. *Current Science*, 85(1), pp. 46-59.
- Partzsch, L. (2009). Smart regulation for water innovation - the case of decentralized rainwater technology. *Journal of Cleaner Production*, 17, pp. 985-991.
- Pazwash, H. (2016). *Urban Storm Water Management*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, USA.
- Prinz, D. and Malik, A.H (2003). *Runoff farming*. WCA, InfoNET.

- Reddy, Y.A. (2006). Water Harvesting: Limitations in Implementation. Pres. at *National Seminar on Rainwater Harvesting and Water Management*, Nagpur, India.
- Reitano, R. (2011). Water Harvesting and Water Collection Systems in Mediterranean Area. The Case of Malta. *Procedia Engineering*, 21, pp. 81-88.
- Ringler, C., Mark, W. Rosegrant, M.W. and Paisner, M.S. (2000). *Irrigation and Water Resources in Latin America and the Caribbean: Challenges and Strategies*. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C. U.S.A.. EPTD Discussion Paper No. 64.
- Rosenstock, S. S., Ballard, W. B. and Devos, J. C., Jr. (1999). Benefits and impacts of wild-life water developments. *Journal of Range Management*, 52(4), 302- 311.
- Rowe, M. P. (2011). Rain water harvesting in Bermuda. *Journal of the American Water Resources Association*, 47(6), pp. 1219–1227.
- Saidin, E. (2009). A Study of Rainwater Harvesting Systems Installations at Three Residential Houses in Malaysia. Pres. at the 14th *International Conference on Rainwater Harvesting to Cope with Climate Change*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Silva, C.M., Sousa, V. and Carvalho, N.V. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, pp. 21-34.
- Sivanappan, R. K. (2006). Rain Water Harvesting, Conservation and Management Strategies for Urban and Rural Sectors. Pres. at *National Seminar on Rainwater Harvesting and Water Management*, Nagpur, India.
- Standards Australia (2008). *Rainwater tank design and installation handbook* (2nd ed.). Sydney, N.S.W.: Standards Australia.
- Thamer, A.M; Megat-Johari, M.M; Noor, A.H.G (2007). *Study on Potential Uses of Rainwater harvesting in Urban Areas*. Pres. at Rainwater Utilization Colloquium on 19 & 20 April 2007 at NAHRIM Mini Auditorium.
- Thomas, R.B., Kirisits, M.J., Lye, D.J. and Kinney, K.A. (2014). Rainwater Harvesting in the United States: A Survey of Common System Practices. *Journal of Cleaner Production*, 75, pp. 166-173.
- TRCA (Toronto and Region Conservation Authority) (2010). *Performance Evaluation of Rainwater Harvesting Systems, Toronto, Ontario. Sustainable Technologies Evaluation Program (STEP)*. Final Report 2010 (revised June 2011). Available at: www.sustainabletechnologies.ca (accessed January 20, 2017).
- TWDB (Texas Water Development Board) (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting* (3rd. ed.). Texas Water Development Board, Austin, Texas, USA.
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2011). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. New York, United Nations. Available at: http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/WUP2011_Report.pdf (accessed December 15, 2016).
- UNDP (United Nations Development Programme) (2013). *Pilot Deployment of Harvesting of Rain-Water, as a Measure of Adaptation to Climate Change*. University of Guana-

- juato, Guanajuato, Mexico.
- UNEP (2009). *Rainwater Harvesting: A Lifeline for Human Well-Being*. A report prepared for UNEP by Stockholm Environment Institute. United Nations Programme/SEI.
- UNEP (undated). *Why Should Rainwater Harvesting and Utilization be Promoted? The Need for Environmentally Sound Solutions*. Available at: <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/2.asp> (accessed March 30, 2012).
- UN-HABITAT (2005). *Rainwater Harvesting and Utilisation*. Blue Drop Series, Book 2: Beneficiaries & Capacity Builders. UN-HABITAT, Mtwapa, Kenya.
- UN Water (2007). *Coping with water scarcity: challenge of the twenty-first century*. Prepared for World Water Day 2007. Available at: <http://www.unwater.org/wwd07/downloads/documents/escarcity.pdf> (accessed March 23, 2007).
- USEPA (2013). *Rainwater Harvesting: Conservation, Credit, Codes, and Cost Literature Review and Case Studies*. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Water, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds. EPA-841-R-13-002.
- Van der Sterren, M., Rahman, A. and Dennis, G.R. (2012). Implications to stormwater management as a result of block scale rainwater tank systems: A case study in Western Sydney, Australia. *Water Sci. Technol.*, 65, 1475–1482.
- Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera, M., Huau, M.-C., Jacob, S. and Montrejaud-Vignoles, M. (2012). Water Quality Monitoring and Hydraulic Evaluation of a Household Roof Runoff Harvesting System in France. *Water Resour. Manage.*, 26, pp. 2233–2241.
- Yannopoulos, S., Antoniou, G., Kaiafa-Saropoulou, M. and Angelakis, A. N. (2016a). Evolution of Rainwater Harvesting and Use in Hellas through the Centuries: A Preliminary Review. Pres. at *4th IWA International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations*. Coimbra, Portugal.
- Yannopoulos, S., Antoniou, G., Kaiafa-Saropoulou, M. and Angelakis, A. N. (2016b). Historical development of rainwater harvesting and use in Hellas: a preliminary review. *Water Science & Technology: Water Supply*, 16(6), DOI: 10.2166/ws.2016.200.
- Worm, J. and van Hattum, T. (2006). *Rainwater Harvesting for Domestic Use*. Agromisa Foundation and CTA/RAIN (Rainwater Harvesting Implementation Network). Wageningen, The Netherlands
- WWAP (2006). *The State of the Resource, World Water Development Report 2*, Chapter 4. World Water Assessment Programme, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. Available at: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2_ch_4.pdf (accessed March 30, 2007).
- Zhu, Q. and Yuanhong, L. (2006). Rainwater harvesting: the key to sustainable rural development in Gansu, China. *Waterlines*, 24(4), pp. 4 – 6.