

10. ΞΥΛΙΝΕΣ ΓΕΦΥΡΕΣ & ΠΕΖΟΓΕΦΥΡΕΣ



Καθ. Γεωργίου Ι. Μαντάνη

Email: mantanis@uth.gr

Σημείωση:

Μέρος του διδακτικού υλικού των παρουσιάσεων αυτών έχει ληφθεί από το βιβλίο «**Τεχνολογία Ξύλινων δομικών κατασκευών**» (εκδόσεις ΙΩΝ) του Δρ. Ιωάννη Κακαρά.

Οκτ. 2019

Ξύλινη γέφυρα

Γέφυρα είναι κατασκευή που επιτρέπει τη διέλευση ανθρώπων ή μέσων μεταφοράς, ή γέφυρα ορίζεται απλά (ως μια κατασκευή) η οποία προωθεί **το συνεχές πέρασμα πάνω** από μια μάζα ύδατος, από ένα δρόμο, μία κοιλάδα ή άλλα φυσικά εμπόδια.

Πρόχειρο ή μόνιμο τεχνικό έργο, που συνδέει δυο ανώμαλα σημεία του εδάφους. «Χτίζεται» από **ξύλο** ή χάλυβα, ή τσιμέντο (ή πέτρα) και ενώνει τις δυο όχθες ενός χειμάρρου ή ποταμού, τα χείλη μιας χαράδρας, τις όχθες μιας διώρυγας, πορθμού ή κόλπου. Γέφυρες κατασκευάζονται επίσης σε ανισόπεδες διαβάσεις για να αποφεύγονται οι συγκρούσεις και η καθυστέρηση. Υπάρχουν και γέφυρες για τη διέλευση μόνο πεζών (**πεζογέφυρες**).

Σύγχρονης τεχνολογίας πεζογέφυρα
από επικολλητή ξυλεία (glulam).
Ολυμπιακά έργα Αθήνας (2004)



Ξύλινες γέφυρες ιστορικής σημασίας



Ιστορική ξύλινη γέφυρα στην Καλιφόρνια (truss bridge)- η τελευταία που έχει απομείνει. Δομικά υλικά κατασκευής: ξύλο, χάλυβας (μόνο το κεντρικό στοιχείο). Albion River Bridge -έτος κατ.: 1944, μήκος 300 μ., ύψος 40 μ., εμποτισμένη ξυλεία copper azole, και κεντρικά χάλυβας ως center truss

Ξύλινες γέφυρες ιστορικής σημασίας



Γέφυρα σιδηροδρομική στο Mississippi river (trestle bridge).
Δομικά υλικά κατασκευής: εμποτισμένη ξυλεία, χάλυβας, ενισχυμένο σκυρόδεμα, prestressed σκυρόδεμα.

Ξύλινες γέφυρες ιστορικής σημασίας



Percy Burn γέφυρα – η μεγαλύτερη ξύλινη πεζογέφυρα στο νότιο ημισφαίριο (διάδρομος διάβασης). Δομικό υλικό: εμποτισμένη ξυλεία (έτος 1920), Ν. Ζηλανδία

Ξύλινες γέφυρες ιστορικής σημασίας



Ιστορική ξύλινη γέφυρα στην Ιαπωνία (wooden arch bridge), τοξωτή ξύλινη γέφυρα, σειρά 5 τόξων. Δομικά υλικά κατασκευής: ξύλο & πέτρα (αρχικά). Χωρίς καρφιά για 300 έτη. Έχει συντηρηθεί εκτεταμένα μετά από ζημιά τυφώνα (το 1950).

Kintai Bridge (έτος κατασκ.: 1673, μήκος-span 35 μ. / τόξο).



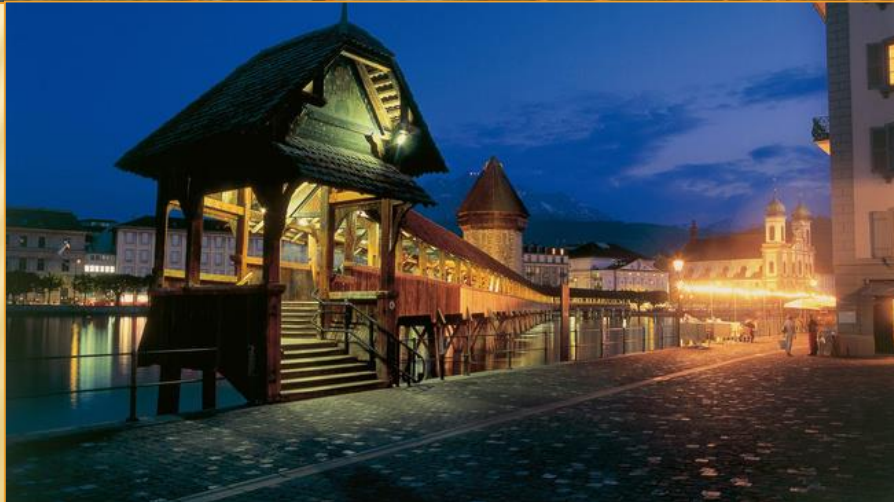
Ιστορική αναδρομή

- ✘ Η πρώτη κατασκευασθείσα γέφυρα από άνθρωπο ήταν κατά πάσα πιθανότητα **ένα κούτσουρο** χρησιμοποιούμενο για να διασχίσει ένα ρέμα. Σταδιακά, ο άνθρωπος ανέπτυξε «γνώση» και σχεδιασμό και η κατασκευή των γεφυρών προόδευσε ραγδαία· έτσι από ένα απλό **ξύλινο μαδέρι-γέφυρα** οδηγείται σε ανώτερες ποιοτικά κατασκευές, όπως είναι π.χ. οι πέτρινες αψιδωτές γέφυρες και πολύ αργότερα, οι γέφυρες με πλαϊνά υποστηρίγματα.
- ✘ Αν και άλλοι πολιτισμένοι λαοί, συμπεριλαμβανομένων των Αιγυπτίων και των Βαβυλωνίων κατασκεύασαν γέφυρες, είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η Ρωμαϊκή αυτοκρατορία είναι η πρώτη που απέκτησε εξειδίκευση στο σχεδιασμό και την κατασκευή γεφυρών. Οι Ρωμαίοι υπήρξαν οι καλύτεροι κατασκευαστές γεφυρών, αφήνοντας πίσω τους μια κληρονομιά από εκατοντάδες γέφυρες, τις οποίες μπορεί κανείς να δει και να θαυμάσει κανείς ακόμη και σήμερα.
- ✘ Από αυτές οι οποίες ακόμη υπάρχουν, η **Pons Fabricius** στην πόλη της Ρώμης είναι μία από τις καλύτερες κατασκευές, από φυσικούς λίθους και σκυρόδεμα της εποχής.

Pons Fabricius (Ρώμη), μοναδική **λιθινή** κατασκευή του 62 μ.Χ.



Kapellbrücke bridge (Λουκέρνη, Ελβετία), **ξύλινη** κατασκευή του 1333



Ιστορική αναδρομή

- ✘ Τα υλικά δόμησης μέχρι τον 19^ο αιώνα ήταν **ξύλο** και **πέτρα**. Οι γέφυρες τον 6^ο αιώνα μ.Χ. κατασκευάζονταν από ξύλο κυπαρισσιού και κέδρου. Την κατασκευή **κυρτών γεφυριών** κατείχαν οι Ρωμαίοι στα προχριστιανικά χρόνια, και τα υλικά που χρησιμοποιούνταν ήταν λίθοι και σκυρόδεμα. Το 1779 φτιάχτηκε η πρώτη γέφυρα από χυτοσίδηρο στην Αγγλία, πάνω από τον ποταμό Severn γνωστή και ως Ironbridge.
- ✘ Με την εξέλιξη του μπετόν δημιουργήθηκαν νέες δυνατότητες για την κατασκευή στις αρχές του 20^{ου} αιώνα.
- ✘ Ωστόσο, σε Β. Αμερική και Ιαπωνία, το ξύλο είναι **πρώτη επιλογή** υλικού.
- ✘ Η παλαιότερη ξύλινη γέφυρα που υπάρχει είναι η ιστορική γέφυρα **Kapellbrücke** που διασχίζει τον ποταμό Reuss στην κεντρική Ελβετία. Η σκεπαστή γέφυρα που έχει μήκος 200 μέτρα, κατασκευάστηκε το 1333, για να προστατεύσει την πόλη από τις διάφορες επιθέσεις.
- ✘ Στη στέγη της γέφυρας μπορούμε να δούμε διάφορα έργα τέχνης τριγωνικού σχήματος που χρονολογούνται από τον 17^ο αιώνα και τα περισσότερα από αυτά περιγράφουν την ιστορία της Λουκέρνης. Σήμερα αποτελεί τουριστικό αξιοθέατο της πόλης που συγκεντρώνει αρκετό κόσμο.

Ξύλινες γέφυρες: παλιοί τύποι / κατασκευές



Παλιά ξύλινη γέφυρα (πεζογέφυρα) σε μικρό ποτάμι της Κ. Ευρώπης.

Κλασική πεζογέφυρα, πάνω από ποτάμι, από εμποτισμένη με άλατα πεύκη (Αγγλία).



Ξύλινες γέφυρες: διαφορετικοί τύποι



Ξύλινη γέφυρα, σύγχρονη σε αυτοκινητόδρομο της Ολλανδίας, με τεχνολογία Glulam και από νέο υλικό ξυλείας (*Accoya*).

Ξύλινη γέφυρα, χαμηλή, σε μορφή «διάδρομου διάβασης» σε προάστιο της πόλης της Ζυρίχης (Ελβετία).



Ξύλινες γέφυρες: σύγχρονες κατασκευές!



Ξύλινη σύγχρονη πεζογέφυρα (2013), με νέα τεχνολογία σύνδεσης & υλικών (Τέξας, ΗΠΑ).

Πανέμορφη, μοντέρνα (2014)
ξύλινη γέφυρα αυτοκινητόδρομου,
με τεχνολογία Glulam στις ΗΠΑ,
με τοξωτή υποστήριξη βάσης.



Ξύλινες γέφυρες: σύγχρονες κατασκευές!



Πανέμορφη πεζογέφυρα (2013), με τεχνολογία Glulam από ξυλεία **λάρικας** στα επικολητά τοξωτά στοιχεία και στη στέγη-πάτωμα.

Μοναδικού σχεδιασμού ξύλινη (2012) πεζογέφυρα (Yusuhara Museum, Ιαπωνία).



Μηχανική (engineering) & κατασκευή γεφυρών

-Η σύγχρονη αντιμετώπιση των προβλημάτων σχεδιασμού μιας ξύλινης γέφυρας (ή μιας μικτής γέφυρας) είναι γενικά μια σύνθετη και δύσκολη εργασία, που απαιτεί εμπειρία και τεχνογνωσία ειδικευμένου Μηχανικού.

Τα **κριτήρια σχεδιασμού** είναι:

- ❑ Η ασφάλεια της κατασκευής σε συνήθεις αλλά και έκτακτες καταπονήσεις.
- ❑ Η διατήρηση της αντοχής της στο χρόνο.
- ❑ Η λειτουργικότητά της.
- ❑ Η οικονομία.
- ❑ Η εναρμόνιση της κατασκευής με το περιβάλλον.

-Το πρώτο από τα παραπάνω κριτήρια είναι, φυσικά, κυρίαρχο. Η οικονομία συνήθως αντιστρατεύεται τα υπόλοιπα κριτήρια και ο σωστός σχεδιασμός πρέπει να εξισορροπεί το κριτήριο της οικονομίας με τα κριτήρια της **λειτουργικότητας** και της **αισθητικής**.

-Για να επιτευχθεί μια ασφαλής κατασκευή γέφυρας πρέπει να είναι με επάρκεια γνωστές (εκτός από τις ιδιότητες του δομικού υλικού), και οι καταπονήσεις της κατασκευής, που προέρχονται από τις καιρικές συνθήκες (άνεμος, βροχή, χιόνι, νερό-τυχόν πλημμύρες, τυφώνες).

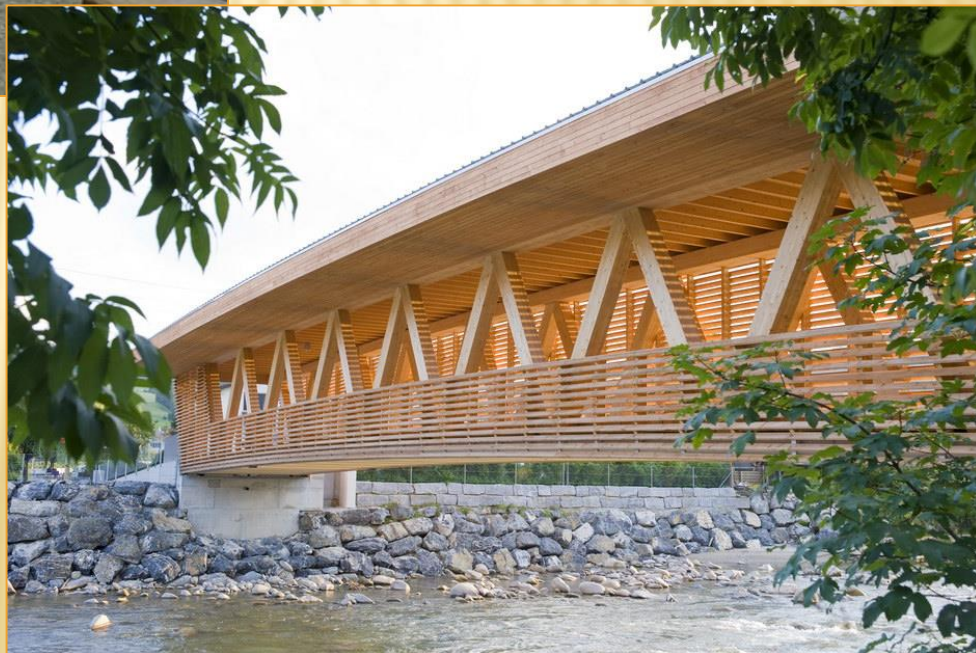
Ξύλινες γέφυρες: σύγχρονες κατασκευές!



Πανέμορφη τοξωτή ξύλινη (2013) πεζογέφυρα στην Κίνα, με τεχνολογία Glulam από κωνοφόρο ξυλεία (τύπου: **span timber arch bridge, 75m**)



Μοναδικού σχεδιασμού ξύλινη γέφυρα (ΗΠΑ), από Oregon pine



Τύποι γεφυρών

- ✘ Ανάλογα του **υλικού κατασκευής**, σε «σχοινένιες», «ξύλινες», «λίθινες», «μεταλλικές», «τσιμέντινες», και «μικτές».
- ✘ Ανάλογα της **χρήσης**, σε «οδικές», «σιδηροδρομικές», «πεζών» και «πεζών και ποδηλάτων».
- ✘ Ανάλογα του **τρόπου έδρασης**, σε «κινητές», «σταθερές», και «σταθερώς εδραζόμενες».

Μικτές γέφυρες ξύλου - χάλυβα



Άριστος συνδυασμός δύο υλικών, σε γέφυρες. Σύμφωνα με τα πρότυπα BS 5400 & BS 5268 είναι ιδανικές για φορτία έως και 5kN/m^2 .

Πολύ καλός συνδυασμός για ανοίγματα γεφυρών από 10m έως και 18m.

Πολύ ευέλικτες κατασκευές, οικονομικές και πρακτικές.

Ιδανικές για τους τύπους: «πεζών» και «πεζών και ποδηλάτων».



FRP γέφυρες (fibre reinforced polymer)



Νέος τύπος γεφυρών, από νέο πολυμερές υλικό (**πλαστικό**).

Πάρα πολύ ελαφρές κατασκευές, και ευέλικτες στην τοποθέτησή τους.

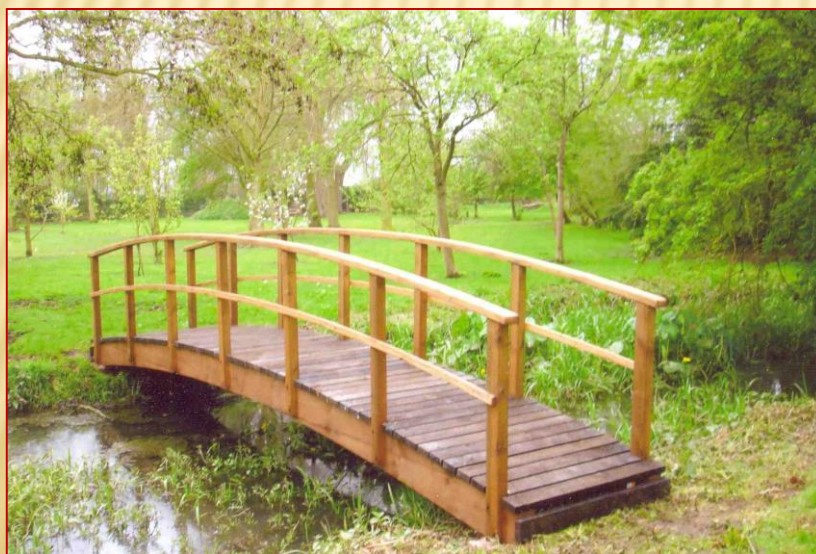
Σχεδόν χωρίς ανάγκη συντήρησης.

Χωρίς κινδύνους οξειδώσεων (σκουριάς) και ιδανική για μικρές γέφυρες σε εγκαταστάσεις.



Αισθητική υπεροχή για τις ξύλινες γέφυρες

- ✘ Μια ξύλινη γέφυρα τοποθετημένη σε ένα άλσος, σε κάποιο μονοπάτι, στο δάσος ή και στον κήπο ενός σπιτιού δεν αποτελεί μόνο μια τεχνική κατασκευή αλλά **αναβαθμίζει ποιοτικά και αισθητικά** το χώρο.



Αισθητική υπεροχή για τις ξύλινες γέφυρες

- ✘ Οι ξύλινες γέφυρες λοιπόν είναι μοναδικά μνημεία προς χρήση και θαυμασμό. Κατασκευάζονται για να παρέχουν υπηρεσία, να χρησιμοποιούνται αλλά εξυπηρετούν και **αισθητικούς σκοπούς** τις περισσότερες φορές με επιτυχία.

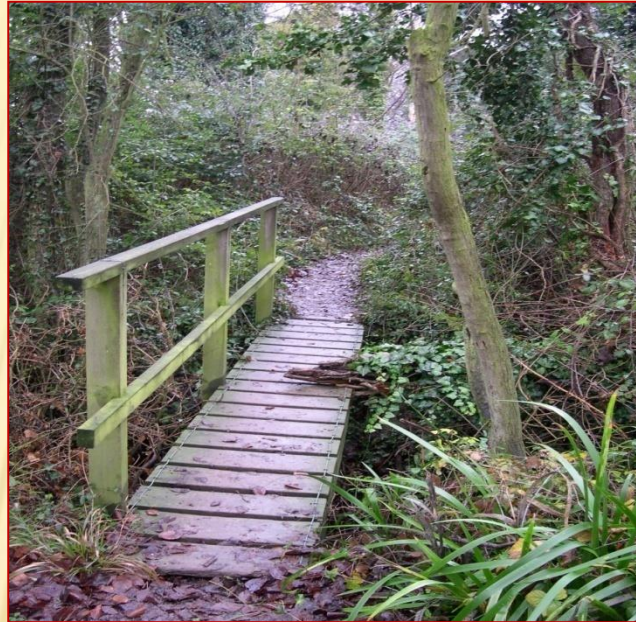


Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρηστικότητα)



- ✘ Οι ξύλινες αυτές γέφυρες χρησιμοποιούνται για να δώσουν την ψευδαίσθηση ύπαρξης νερού και τοποθετούνται απλά και μόνο για διακοσμητικούς λόγους. Ανήκουν στο τύπο «τοξωτές» γέφυρες και είναι απλές κατασκευές.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρηστικότητα)



- ✘ Οι ξύλινες αυτές γέφυρες έχουν καθαρά χρηστικό χαρακτήρα, τοποθετούνται μόνον εκεί που χρειάζονται, π.χ. για τη διάσχιση ενός δύσκολου σημείου ενός μονοπατιού μέσα στο δάσος ή το άλσος. Τεχνικά, είναι πολύ απλές κατασκευές.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρησιμότητα)



- ✘ Αυτού του τύπου οι ξύλινες γέφυρες απαντώνται όταν η απόσταση μεταξύ των δυο άκρων είναι μεγάλη. Είναι σχετικά πρόχειρες κατασκευές αλλά είναι πολύ γρήγορες στην κατασκευή τους, βλ. π.χ. μία «κρεμαστή» ξύλινη γέφυρα με συρματοσχοίνα, σε μια δύσβατη περιοχή.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρηστικότητα)



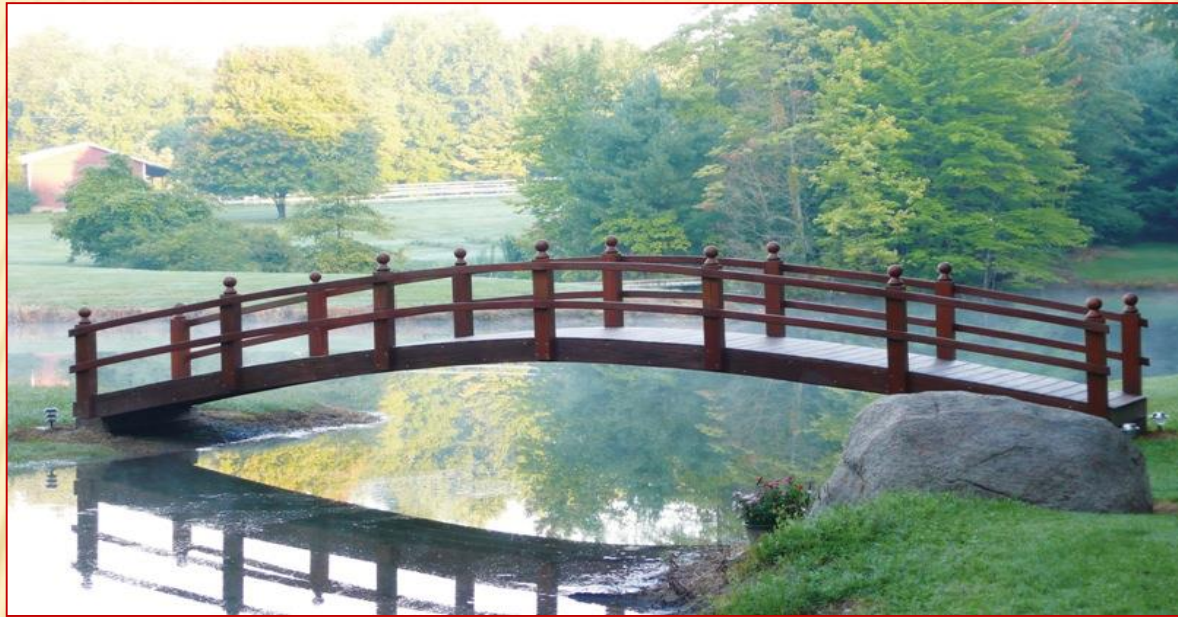
- ✘ «**Γέφυρα-καταφύγιο**» - τέτοιου τύπου ξύλινες γέφυρες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις βορειότερες χώρες της Ευρώπης και άλλου, και χρησιμεύουν πρόσθετα και ως πρόχειρα καταφύγια από τον άνεμο και τις ακραίες καιρικές συνθήκες.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρησιμότητα)



- ✘ «**Δασικής αναψυχής**» - αυτές οι ξύλινες γέφυρες χρησιμοποιούνται για να καλύψουν σχετικά μικρές αποστάσεις και τοποθετούνται κυρίως σε μέρη αναψυχής και εναρμονίζονται πλήρως με το φυσικό περιβάλλον.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρηστικότητα)



- ✘ «**Τοξωτές γέφυρες**» - Οι τοξωτές γέφυρες είναι και αυτές χρηστικές γέφυρες- μάλιστα είναι γέφυρες μεγαλύτερου ανοίγματος από τις απλές ίσιες ξύλινες γέφυρες. Αρκετές εξ' αυτών γίνονται πλέον από επικολλητή ξυλεία.

Παραδείγματα από ξύλινες γέφυρες (χρηστικότητα)



- ✘ «**Πεζογέφυρες**» - Οι πεζογέφυρες αυτές τοποθετούνται για τη δημιουργία περάσματος - επικοινωνίας, έχουν καθαρά χρηστικό χαρακτήρα, π.χ. για τη διάσχιση ενός μεγάλου ρέματος - ποταμού). Είναι *στιβαρές* κατασκευές, με μεγαλύτερο όγκο και απαιτούν ξύλο μεγαλύτερων διατομών (διαμέτρων), συνήθως εμποτισμένο.

Χρησιμοποιούμενα είδη ξύλου / προϊόντα ξύλου

- ✘ Στη Β. Αμερική, κυριαρχούν ως πρώτες ύλες: α) η **εμποτισμένη** ξυλεία πεύκου και Oregon pine (ψευδοτσούγκας), β) η ξυλεία τύπου **Glulam** από ξύλο Oregon pine συνήθως εμποτισμένη με CCA, και γ) τα τροπικά είδη ξυλείας **Iπέ & Greenheart**
- ✘ Τα *εξαιρετικώς ανθεκτικά*, τροπικά είδη ξύλου **Azobé & Iroko**, είναι πολύ κατάλληλα, και χρησιμοποιούνται σε ξύλινες γέφυρες συχνά. Το Iroko μόνο για ορισμένα μέρη της γέφυρας.
- ✘ Σπανιότερα, συναντάμε τα ανθεκτικά είδη: **λάρικα** (larch) & **ευρωπαϊκή λευκή δρυς** (white oak) σε τέτοιες κατασκευές.
- ✘ Στην Ευρώπη, κυριαρχεί η χρήση της **εμποτισμένης με άλατα CCA** ευρωπαϊκής πεύκης και Oregon pine.

Πλεονεκτήματα χρήσης **Glulam** σε ξύλινες γέφυρες

Η σύνθετη επικολλητή ξυλεία (αλλιώς **Glulam**) παράγεται από την πλευρική συγκόλληση δύο ή περισσότερων ξυλοπλακών με τις ίνες *πρακτικά παράλληλες* και έχει διάφορα μεγέθη ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται. Έχει επικρατήσει σαν **κυρίαρχο υλικό** ειδικά στη Β. Αμερική, Ευρώπη κ.α. για τη κατασκευή **σύγχρονων γεφυρών με μεγάλα ανοίγματα**, κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

- ✘ Δίνει τη δυνατότητα πολλών κατασκευαστικών λύσεων με τις επιθυμητές διαστάσεις, σε ευθύγραμμο ή καμπύλο (τοξωτό) σχήμα.
- ✘ Υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής **φερόντων στοιχείων** της γέφυρας με κατά θέσεις ενισχυμένη αντοχή.
- ✘ Παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη μηχανική αντοχή (MOE, MOR)- και είναι ευκολότερη η ξήρανση των στρώσεων χωρίς να δημιουργηθούν ελαττώματα (π.χ. ραγαδώσεις, σχισίματα κ.α.).
- ✘ Δυνατότητα καλύτερης προστασίας με **συντηρητικά**, των συνθετικών μερών (στρώσεων) για προστασία από προσβολές εντόμων ή μυκήτων.
- ✘ Φέροντα στοιχεία μεγάλου πάχους και διατομών παρουσιάζουν **μεγάλη αντοχή στη φωτιά**.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Ο διδάσκων κ. Γ. Μαντάνης αναγνωρίζει και ευχαριστεί τις παρακάτω αναφερόμενες επιχειρήσεις για το **φωτογραφικό υλικό** το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σε αυτές τις παρουσιάσεις. Αυτό έγινε για αμιγώς εκπαιδευτικό σκοπό, για τα μαθήματα θεωρίας & εργαστηρίου εντός του τμήματος ΔΕΞΥΣ (Παν. Θεσσαλίας).

Πηγές Internet

www.euroco.gr

www.siafarikas.com

www.accoya.com

www.spau.gr

www.ctsbridges.co.uk

deepsouthwoodshop.weebly.com/the-many-uses-of-wood.html

www.iwn.gr/product.asp?catid=17458