منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة

القياسات الحراجية

(الجزء النظري)

السنة الرابعة

الدكتور
أحمد علي جيرودية

جامعة دمشق
1437 – 1438 هـ
2016 – 2017 م

المحتويات

	الموضوع	الصفحة
	مقدمة	7
	الباب الأول: القياسات الحراجية وأساليب القياس	**9**
	الفصل الأول: مبادئ ومفاهيم أساسية في علم القياسات الحراجية	**11**
	1- 1- مفهوم علم القياسات الحراجية وأهميته	11
	1-2- علاقة علم القياسات مع العلوم الأخرى	14
	1-3- مفهوم التطور ونمو الغابة	15
	1-4- أساليب (طرق) القياسات الحراجية	16
	الفصل الثاني: القياسات التقييمية (الأجهزة والمقاييس)	**25**
	2-1- واحدات القياس	25
	2-2- القياسات	28
	2-3- الأجهزة والأدوات القياسية	29
	الفصل الثالث: أساليب القياس (طرق القياس)	**57**
	3-1- الأساليب الفيزيائية للقياس	57
	3-2- الأساليب الهندسية للقياس	60
	3-2-1- شكل المقاطع العرضية للسوق الخشبية	60
	3-2-2- شكل المقاطع الطولية للسوق الخشبية	64
	3-3- المعادلات التقريبية لتحديد حجوم السوق الخشبية وأجزائها	68
	3-4- أخطاء المعادلات الهندسية	74
	الباب الثاني: قياس المنتجات الغابية	**85**
	الفصل الأول: تقييم (قياس) الأخشاب العملية المدورة	**87**
	1- 1- تصنيف الأخشاب	87
	1- 2- تحديد حجوم السوق حسب جداول حجوم الاسطوانات	89
	1-3- جداول حجوم الجذوع وطريقة تشكيلها	90
	1-4- البراء (استدقاق، تدرج) الساق وتأثيره في حجم الجذع	92

	1-5- حجوم الأخشاب القمية	97
	1-6- قياس الأخشاب المدورة	100
	الفصل الثاني: تقييم الأحطاب والأخشاب الصغيرة الأخرى	**103**
	2-1- تصنيف الأحطاب	103
	2-2- قواعد ترتيب وتعبئة ورزم وترصيص واستلام الأحطاب	104
	2-3- ملوءة الأكوام الخشبية	105
	الفصل الثالث: قياس الأخشاب المنشورة، المنحوتة والأشكال الأخرى للمنتجات الغابية	**115**
	3-1- قياس الأخشاب المنشورة	115
	3-2- الفضلات والضائع من الخشب	121
	3-3- قياس الأخشاب القالبية والمنحوتة والمكشوطة والمقشرة	123
	3-4- وحدات الحساب وتحديد حجوم الأخشاب القالبية والمنحوتة	123
	3-5- قياس الأشكال الأخرى للمنتجات الخشبية	124
	الباب الثالث: قياس الأشجار النامية بمساعدة الجداول الحجمية	**127**
	الفصل الأول: قياس الأشجار النامية	**129**
	1-1- خصائص قياس الأشجار النامية	129
	1-2- معاملات الشكل (معدلات الشكل)	131
	1-3- قوانين تغير معاملات الشكل (معدلات الشكل)	137
	1-4- معاملات شكل الساق وعلاقتها بمعدلات الشكل	139
	1-5- قوانين في تغير معاملات الشكل	143
	1-6- الأهمية النظرية والعملية لمعدلات الشكل	147
	الفصل الثاني: الجداول الحجمية	**151**
	2-1- الجداول الحجمية الألمانية (الباڤارسكية)	154
	2-2- الجداول الحجمية الروسية المؤقتة	155
	2-3- جداول شيڤيل الحجمية بثلاثة متغيرات (مداخل)	158
	2-4- الجداول الحجمية الإقطاعية (جداول كريوديز)	159
	2-5- جداول أورلاف (Orlave) الحجمية	160
	2-6- جداول الصناعات الحراجية الحجمية	162

	2-7- الطريقة البيانية لتحديد الحجوم	169
	2-8 تحديد حجوم الفروع واللحاء والكتلة الحية	171
	الباب الرابع: قياس المجموعات الحراجية	**177**
	الفصل الأول: المؤشرات التقييمية (القياسية) للمجموعات الحراجية	**179**
	1-1- مفاهيم عامة عن المؤشرات التقييمية	179
	1-2- منشأ المجموعة الحراجية	181
	1-3- شكل المجموعة حراجية	182
	1-4- تركيب المجموعة الحراجية	185
	1-5- الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية	189
	1-6- عمر المجموعة الحراجية	197
	1-7- عناصر الغابة	204
	1-8- صفوف ارتفاع المجموعات الحراجية	209
	1-9- ملوءة المجموعات الحراجية	216
	1-10- القطر الوسطي للمجموعات الحراجية	225
	1-11- الاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية	230
	1-12- صفوف القدرة الإنتاجية على التسويق للمجموعات الحراجية	239
	1-13- نماذج (طرز) الغابة	241
	1-14- النموات الخشبية وتحت السقف الغابي	247

Damascus University

مقدمة

تتطلب الاتجاهات الرئيسية للتطوير الاقتصادي والاجتماعي الانتقال التدريجي لإدارة الحراج بالاعتماد على مبادئ الاستخدام المستمر والمنطقي للغابات، تحسين التركيب النوعي للغابات والاستخدام الأكثر كمالاً للموارد الغابية الخام بدون الأضرار بالوسط المحيط.

عند حل المسائل الواردة لابد من امتلاك معلومات عن غاباتنا، تركيبها النوعي، الاحتياطات الخشبية، توزيع المجموعات الشجرية حسب مجموعات العمر، ديناميكية النمو وخصائص بيولوجية وتقنية أخرى، يتم الحصول على مثل هذا النوع من المعلومات عند القيام بأعمال الجرد الغابية في الطبيعة.

تعد أعمال الجرد الغابية (بما يتوافق وأسس التشريع الغابي لكل دولة)، عمل حكومي تنفذ وفق نظام موحد لكل غابات البلاد.

يعد علم القياسات الحراجية واحداً من العلوم الأختصاصية في دائرة المعارف الحراجية حيث حصل في السنوات الأخيرة تطور كبير في نظرية وتطبيق القياسات الحراجية. أضحى القياس التسديدي للغابة يقترن مع القياسات التقييمية الواسعة.

بُذلت الخصائص الوصفية بدلائل عديدة، تستخدم عند القياسات التقييمية أجهزة وأدوات جديدة، أكثر تطوراً تسمح بإيجاد المقادير القياسية بجهد ضئيل جداً.

يعد إعداد الأسلوب التسديدي أو الزاوي لتحديد المساحة القاعدية للأشجار التي تشكل مجموعات شجرية مستقلة واحداً من الإنجازات الرئيسية في مجال القياسات الغابية.

ننظر إلى أجزاء الغابة المعزولة أثناء قياسها (تقييمها) والتي هي بمثابة مجموعات من الأشجار المختلفة في مقاييسها والتي تقع في علاقة متبادلة معقدة كمجموعات إحصائية لمواضع متبادلة التأثير، والتي يمكن معرفتها باستخدام نظرية الأعداد الكبيرة، نظرية الاحتمالات وقوانين إحصاء المتغايرات.

لقد سمح التقرب الرياضي – الإحصائي للغابة مع الأخذ في الحسبان خصائصها البيولوجية بوضع القياسات الحراجية كعلم على درجة عالية من التطور، مثل هذا التقرب إلى الغابة فسح المجال لاستنتاجات واسعة وإظهار قوانين على غاية من الأهمية في نمو وتطور الغابة.

إن استخدام نظرية العلاقات المتبادلة، التحليل التشتتي والمنجزات الحديثة الأخرى لإحصاء المتغايرات سمح بتقسيم التغيير (الاختلاف) العام للدلائل القياسية إلى اختلافات بين الفئات المستقلة للمجموعات الشجرية واختلافات في داخلها.

أوجدت بواسطة أساليب إحصاء الاحتمالات العلاقات الرياضية واستنتجت الصيغ المناسبة، التي تحدد وفق قياس مؤشر قياسي سهل البلوغ مقادير قياسية أخرى غير سهلة البلوغ (غير سهلة القياس بشكل مباشر).

عند القيام بالقياسات التقييمية نحصل على معلومات شاملة حول المجموعات الشجرية المستقلة، التي تشغل مساحات تملك في داخلها احتياطيات خشبية، حول نوعيتها وسير نموها، ترتيب، إعداد وإيجاد محصلات كل هذه المعلومات يتوافق مع عمل حسابي كبير. لدى إنجازه في السنوات الأخيرة استعمل بشكل واسع الحاسوب الإلكتروني (الكمبيوتر).

إن استخدام الكمبيوتر اشترط إدخال تغييرات مناسبة في أغلب أقسام القياسات الحراجية. المعلومات الأولية عن باراميترات المجموعات الشجرية، التي يتم الحصول عليها بشكل مباشر في الغابة، تتطلب صياغة أخرى وتسجيلات مغايرة.

بفضل استعمال الآلات الحاسبة الإلكترونية (الكمبيوتر) يتم الحصول على حسابات تفصيلية (دقيقة) حراجية وغابية صناعية، تصف كل جوانب الموارد الغابية الأولية.

سمح الاستعمال الواسع لمعطيات التصوير الجوي التي تحل شيفرتها بالأجهزة الحديثة باستعمال أساليب جديدة لقياس الغابة. إن جمع نتائج فك شيفرة التصوير مع التقييم اللاحق فوق الأرض يعد أساساً للتقنية الحديثة لجرد الغابات.

إن ما سنقدمه في هذا الكتاب هو عبارة عن أسس لم القياسات الحراجية لغرض تعريف الطالب ببعض جوانب هذا العلم الهام والأساس بين العلوم الحراجية.

ونرجو في ذلك أن نقدم جزء من المعرفة العلمية لكي تنمو عند الطالب روح التقدم والإبداع وأن تكون له رافداً في الحياة العملية وإسهاماً منا في واجبنا بالمشاركة في دفع عجل التقدم الحضار في هذا البلد.

الدكتور

أحمد علي جيرودية

الباب الأول

القياسات التقييمية وأساليب القياس

Evaluating Measurements and measuring methods

الفصل الأول

مبادئ ومفاهيم أساسية في علم القياسات الحراجية

Measurements funda mentals (Prieiples)

الغابة هي الغطاء النباتي للكرة الأرضية المكون من عدد كبير من الأشجار النامية التي تقع في علاقة متبادلة فيما بينها والوسط المحيط.

الغابة مصدر الحصول على الخشب الذي يملك استخدام متنوع جداً في الاقتصاد الوطني والبناء، بالإضافة لذلك تلعب الغابة دوراً عظيماً في الحياة كأهم عامل طبيعي، تنظم الغابة النظام المائي للترب، تحميها من الغسل والإزاحة وفيضانات الأنهار، تحمي الأراضي الزراعية من تأثير الرياح الجافة السامة وعدا ذلك تملك أهمية صحية – وقائية كبيرة جداً.

نظراً لما تقدم تعد الغابة موضوع النشاط الاقتصادي – حيث يسبق عملية تنظيم الغابة ووضع النظام المناسب، نقل الغابة إلى حالة معلومة وجردها من جميع النواحي، الذي يتطلع إلى تقسيم الغابة حسب الأنواع الخشبية، العمر، ظروف النمو، الاحتياطات الخشبية والمؤشرات الأخرى التي تصفها.

1-1- مفهوم علم القياسات الحراجية وأهميته:

Forest measurements concept and importance

تسمى الفعاليات التقنية الموجهة لجرد الغابة من جميع النواحي، تقييم عمليات تنمية الغابات إظهار الموارد الأولية وتحديد حجوم الأشجار والمنتجات الغابية المحضرة **قياس الغابة (تقييم الغابة)**.

كلمة **قياسات** تأتي من اللاتينية taxatio، ما يعني "تقييم" من هنا قياس الغابة- يعني تقييمها. هنا يؤخذ بعين الاعتبار التقييم المادي للغابة، الذي يتلخص في تحديد حجم كامل الأشجار وأجزائها، احتياطي المجموعات الحراجية (أي كمية الخشب فيها)، عمر ومعدل نمو الأشجار المستقلة وكل المجموعات الحراجية.

القياسات الحراجية forest mensuration: علم يدرس أساليب قياس حجوم الأشجار، حجوم المنتجات الخشبية، احتياطات المجموعات الحراجية المستقلة والمساحات الغابية الكاملة، معدل نمو الأشجار والمجموعات الحراجية المستقلة (المجموعات الشجرية).

يسمى الاختصاص العلمي الذي يدرس أساليب القياس وجرد الغابة في دول أوروبا الغربية بعلم القياسات الحراجية.

إنّ حل المسائل الموضوعة أمام علم القياسات الغابية مرتبط مع القياسات التي تعود لأصل مختلف والتي تجري بمساعدة أجهزة وأدوات قياسية خاصة.

السوق الخشبية الكاملة وكذلك أجزاؤها تمتلك تشابهاً مع الأجسام الهندسية الصحيحة. نظراً لهذا سندرس في كتاب علم القياسات استعمال قوانين وقواعد الهندسة الفراغية لحل المسائل القياسية المرتبطة مع تحديد حجوم السوق وأجزائها.

عند تحديد حجم الأشجار يمكن أن نصادف حالتين:

الأولى: عندما يتطلب إيجاد حجم الشجرة المقطوعة.

والثانية: عندما يكون ضرورياً إيجاد حجم الشجرة النامية.

تحديد حجم الشجرة المقطوعة أسهل لأنه يمكن بشكل مباشر قياسها على كامل امتدادها.

عند إيجاد حجم الشجرة القائمة (النامية) نضطر لاستخدام أساليب أخرى لقياس القطر على الارتفاعات المختلفة لأن قياس الأقطار بشكل مباشر على كل امتداد (ارتفاع الشجرة) غير ممكن.

عند التقييم الواسع نضطر على الأغلب لأن يكون لنا شأن ليس فقط مع الأشجار المستقلة بل مع المجموعات الشجرية، لقياس المجموعات الشجرية تستخدم أساليب خاصة.

في الظروف المعاصرة لا يمكن تحديد مهمة علم القياسات بإيجاد الحجم العام أو الاحتياطي الخشبي للأشجار. بل من الضروري تقسيمه إلى أجزاء تمتلك استخدامات مختلفة في الصناعة والزراعة، وكل فروع الاقتصاد الوطني.

في الحراج من المهم جداً معرفة كيف يتغير مع الوقت مقياس الأشجار النامية والاحتياطي الخشبي في المجموعات الشجرية أو بكلمات أخرى مقدار نمو الأشجار المستقلة والأشجار ككل. دراسة أساليب حساب النمو يعتبر واحداً من مهام علم القياسات الغابية.

علم القياسات الغابية كواحد من ميادين المعارف العلمية يعتمد على منهاج البحث العلمي الديالكتيكي المادي. وهو يدرس الغابة ليس كتجمع لأشجار عرضية أو معزولة وإنما كوحدة متكاملة تتكون من الأشجار، الشجيرات، الأعشاب، التربة، التي ترتبط بشكل عضوي فيما بينها كمجموعة نباتات تقع في تأثير متبادل معين مع بعضها البعض ومع الوسط المحيط.

في ظروف البلاد الحراجية، تعد المساحات الغابية الواسعة عادةً موضوع الجرد الغابي والتي تقسم إلى قطاعات مستقلة تتكون من مقدار كبير لمجموعة كبيرة من الأشجار، بما يتوافق وهذا تعد المسألة المركزية لمقرر القياسات الحراجية إعداد أساليب جرد هذه المساحات الكبيرة، التقييم الكمي والنوعي للاحتياطات الخشبية ومعدل نمو المجموعات الشجرية،

من أجل تنظيم الغابة يجب بالدرجة الأولى تحويل الغابة إلى حالة المعلوم أي تعيين المساحة والتوضع الفراغي للأجزاء الغابية المستقلة المشغولة بالمجموعات الحراجية، التي تختلف فيما بينها بالأنواع، العمر، الإنتاجية والحالة النوعية. من أجل هذه المسائل استعملت بشكل واسع التقنية القياسية.

القياسات الحراجية واحد من الاختصاصات الرئيسية التي يعتمد عليها تنظيم الحراج.

يعد علم القياسات الحراجية واحداً من أكثر العلوم إعداداً ضمن حلقة العلوم الحراجية. وتقضي هذه الحالة بأن يكون لعلم القياسات شأن بالقياسات التي تعطي التقييم الموضوعي للمواضيع المدروسة واستعمال الأساليب الرياضية عند حل مسائله بشكل واسع، لاسيما وأن علم القياسات له أساليبه ونظريته. وهو يعد الأساس لكل العلوم الغابية حيث في أية منها تلك القيم المقاربة (النسبية) أو غيرها لنمو الغابة، إظهار حالتها، الحسابات والتنبؤات مختلفة الأصل تتحقق باستخدام أساليب القياسات الغابية.

من أجل المعالجة اليومية للمسائل المرتبطة مع تنمية الغابة، العناية بالغابة والقطع، نحتاج لمعلومات عن الاحتياطات الخشبية، بنية المجموعات الحراجية، حالتها ومعدل نموها.

لدى تخطيط الإجراءات الحراجية على سبيل المثال – اختيار قطاع من الغابة للقطع، تحديد معايير العناية بالغابة ووضع مخططات بذر وتشتيل الغابة، اختيار أجزاء من الغابة لتجفيفها، عند إعداد المسائل حول إجراءات مقاومة الحرائق وغيرها تستعمل الوصفات القياسية

ومخططات المجموعات الحراجية المعدة بعد إجراء الأعمال القياسية في الغابة كوثائق تقنية أساسية أولية.

يعطى لكل قطاع في الوقت نفسه مع الوصفة الحراجية عند تقييم الغابة قيمة صناعية غابية تتلخص في تحديد مخزون الغابة، ناتج المنتجات الخشبية الصناعية وإظهار ظروف الاستثمار.

عند إجراء الأعمال التقييمية تقيم أيضاً اهمية الغابة الوقائية وفي حماية المياه تستعمل المعلومات التي تم الحصول عليها بوساطة القياسات الحراجية في المحصلة للتأسيس الاقتصادي لبناء وإنشاء المصانع والمعامل الجديدة لاختيار المكان والاتجاه من جديد لطرق النقل التي ستشيد، للبناء الأساسي لدوائر الصناعة الغابية والورقية، توزع مستودعات تخزين الأخشاب على الأراضي الغابية وإعداد الأساليب التي تؤمن التقسيم العلمي للأشجار على الأجزاء المخصصة للقطع.

1-2- علاقة علم القياسات مع العلوم الأخرى:

Forest measurements and Othe Sciences

يرتبط علم القياسات الحراجية مع اختصاصات علمية كثيرة، فعند دراسة قوانين نمو الأشجار المستقلة والمجموعات الحراجية بشكل كامل، هو يرتبط بشكل وثيق بعلم النبات، علم الأشجار وتربية الغابات.

من أجل وصف ظروف موقع النمو التي تحدد الإنتاجية المختلفة للغابات، يستعمل علم القياسات الحراجية معلومات علم الأراضي.

عند إظهار نواتج المنتجات الغابية المستقلة، تعتمد القياسات الحراجية على المعلومات التي تبحث في منهاج استثمار الغابات، للوصف النوعي للخشب يدرس علم القياسات عيوب الخشب التي يشرحها مقرر علم الأخشاب وعلم الأمراض الغابية، عند حساب الاحتياطات الخشبية للغابة على مساحات كبيرة وتحديد أهميتها الاقتصادية لابد من معلومات عن علم الجيوديسيا (علم المساحة التطبيقية) والمسح الطبوغرافي الجوي (التصوير الجوي).

في الوقت الحاضر، بالإضافة إلى الأساليب التي تجري فوق الأرض عند تقييم الغابة تستخدم بشكل واسع وسائل الطيران والتصوير الجوي التي فحوى أسلوبها مرتبط بشكل وثيق مع القياسات الغابية.

يرتبط علم القياسات بشكل وثيق مع تنظيم وإدارة الغابات: علم تنظيم وإدارة الغابات عبارة عن مجموعة الأبحاث، الحسابات، الأعمال الاقتصادية الموجهة إلى دراسة الغابات من جميع النواحي، جردها وإعداد مجموعة التدابير لتنظيم الحراج في المشاريع الحراجية.

يستند المخطط المستقبلي لإدارة الغابات عند تنظيم الغابة بالدرجة الأولى على معطيات علم القياسات الغابية.

عند حل المسائل أين، كيف، ومتى سيتم القطع، أية أجزاء من الغابة تتطلب العناية بها (قطوع تربوية)، أين ستزرع الغراس في الغابة وغير ذلك تستخدم قبل كل شيء الوصفات التقييمية أو القياسية.

1-3-مفهوم التطور ونمو الغابة Forest Growth:

يعالج علم القياسات الغابية كل العمليات الجارية في الغابة كحركة مستمرة، (التجدد والتطور). في مثل هذا المركب المعقد (كالغابة) إحدى المكونات تنشا وتتطور وأخرى تموت وتتراجع. مثال: في الغابة الشابة، الداخلة في مرحلة النمو القوي يتم تلاحم التيجان وفي نفس الوقت يُبعّد ويموت الغطاء العشبي الذي يغطي التربة.

يحدث تطور الغابة بشكل تدريجي، وفق خط صاعد – من الحالة القديمة إلى الحالة الجديدة، من البسيطة إلى المعقدة، من المتدنية إلى الراقية كمثال واضح على مثل هذا التطور للغابة يمكن ان تكون العملية التي تبدأ باحتلال الأراضي التي لم يكن عليها سابقاً أشجار بأنواع خشبية طليعية.

الغابة الناشئة مع مرور الزمن باجتياز كل مراحل التطور تظهر بتركيبة مغايرة، ستكون في بنيتها الجديدة أكثر تعقيداً ومؤشراتها القياسية ستكون أيضاً مغايرة لما كانت عليه في المراحل الأولى من تطورها.

تسمح قوانين المنطقية بشكل أوسع وأعمق شرح فحوى عمليات تطور ونمو الغابة. أثناء عملية النمو البيولوجية الموحدة للأشجار نلاحظ أنّ جزءاً من الأشجار كل عام يغير من مقاييسه (ينمو)، وجزءً آخر كل عام يموت.

يدخل في مهمة القياسات الحراجية تحديد وتقييم التغيرات الكمية والنوعية الجارية في الغابة، التي يعبر عنها بالموت السنوي لجزء من الأشجار ونمو الأشجار المتبقية – هذا القانون البيولوجي يجب أن ينظر إليه كعملية حركية (التطور).

يوجد وجهتي نظر لتقييم هذه الظاهرة: تدرس الأولى هذه الظاهرة كانخفاض أو ارتفاع بسيط في عدد الأشجار، الاحتياطي الخشبي وبقية المؤشرات القياسية مثل هذا التقييم لديناميكية تطور الأشجار يعرف بالميتافيزيقية.

تنظر الوجهة الثانية إلى عملية التطور كوحدة على طرفي نقيض – جزء منها ينمو وآخر يموت وهذا ينشأ عن نظرية الديالكتيكية المادية.

1-4- أساليب (طرق) القياسات الحراجية Forest measurements methods:

باستخدام الأسلوب الديالكتيكي كأساس للبحوث العلمية القياسية والتعاميم النظرية نجد انه عند حل بعض المسائل التقنية يعتمد علم القياسات على أسلوب خاص أو طريقة بحث خاصة منبثقة من خصائص هذا العلم – هي نظرية الاحتمالات والإحصاء الرياضي الذي يدرس خصائص وقوانين الأعداد الكبيرة.

يمكن أن يعبر عن النتيجة العامة لصف من المشاهدات بنتيجة ملخصة والتي يمكن أن تترجم إلى لغة الرياضيات تحت اسم **صيغة أو معادلة.**

إذاً وجد استخدام النتيجة أو المعادلة إثبات واسع، فنحن نقول عن هذه النتيجة بأنها **قانون عام.**

إن وضع أكبر عدد من القوانين العامة في هذا العلم – يعد من أهم مسائل البحث العلمي. الصيغ والقوانين التي تصف ديناميكية القيم القياسية على الأغلب تملك دقة غير عالية نسبياً (بالمقارنة) ومجال محدود لاستخدامها. نظراً لهذا تسمى **القوانين القياسية.**

الأسلوب المدروس لوضع القوانين الطبيعية يسمى **بالطريقة الاستنتاجية المباشرة** وهي تعد الأسلوب الأساسي للبحوث القياسية.

يوجد أيضاً طريقة أخرى حيث يضع الباحث لنفسه عدة افتراضات، تسمى **نظرية**. تدرس على أساس هذه النظرية الوقائع بشكل منطقي (مستنداً على الحسابات الرياضية) يُستنتَج كيف يجب أن تكون الوقائع المحددة حتى تتوافق مع فرضيات النظرية.

تعد النظرية صحيحة إذا كانت كل الأحداث المراقبة تثبتها، وتعتبر مدحضة إذا كانت الحوادث المصادفة لا تتوافق مع النظرية. **جملة النتائج المنطقية التي يمكن أن تنتج عن الفرضيات المحددة تسمى بالنظرية.** يسمى هذا الأسلوب **بالأسلوب الاستنتاجي.**

يُظهر تاريخ تطور علم القياسات الحراجية أن الأسلوب الاستنتاجي كان قليل الفعالية في الماضي. غير أنه يجب الأخذ في الحسبان أن كل دراسة تقوم على مشاهدات كثيرة، ستحوي بشكل مؤكد عنصر استدلالي (استنتاجي). يلاحظ الباحث بشكل مبدئي بعد المشاهدات الأولى قانون عام للظاهرة المدروسة، ثم تبرهن صحته ومصداقيته في التجارب والمراقبات التالية.

تسمى التجارب التالية التي تبرهن النظرية بشكل مبدئي **بالأسلوب الاستنتاجي غير المباشر.** لذلك يتلخص الجوهر المنطقي للاستنتاج في التعليمات، وفي بيانات النتيجة المنطقية للافتراضات الناتجة عن التجربة.

تسمى النظرية التي تساعد على التنظيم المنهجي للتجارب والتي تهدف إلى إثبات الحقائق المصادفة أو اكتشاف الحقائق الجديدة **النظرية العاملة (العملية).**

متابعة أو مراقبة أي ظاهرة وفق قانون معلوم في الطبيعة يعني في نفس الوقت توضيح هذه الظاهرة. تحدد بهذه الطريقة العلاقة بين الظواهر الموجودة والظواهر المعروفة.

كل مجموعة حراجية عبارة عن عدد كبير من الأفراد. نظراً لذلك تؤدي الأسس النظرية لقياس المجموعات الحراجية [44] لنتيجة بأنه لأجل معرفتها يستخدم الأسلوب الاستنتاجي للرياضيات.

تؤمن أساليب الإحصاء الرياضي أفضل تحديد للمؤشرات القياسية، قوانين بناء المجموعات وتحدد أخطاء القياس.

تشكل أجزاء الغابة المستقلة التي تتكون من مواضيع متشابهة لحد معين (الأشجار) والواقعة نسبياً في ظروف متماثلة مجموعات.

تملك القياسات الغابية شأناً مع المجموعات المختلفة، والتي يمكن وصفها بشكل مقبول بعدد واحد يرتبط بشكل وثيق مع هذه المجموعات وقادر لحد معين تغييرها، يعد **المتوسط الحسابي** المقدار النموذجي الأبسط الذي يصف مجاميع محددة.

بوصف هذه أو تلك المجموعات القياسية بالقيم الوسطى، فنحن بالتأكيد سنصطدم مع سؤال عن مقادير انحراف المواضيع المستقلة عن القيم الوسطى ومدى توفر قوانين طبيعية في توزيع الانحرافات.

إن حل مثل هذه المشاكل يسمح بالدرجة الأولى بتحديد متى القيم الوسطى الموجودة يمكن اعتبارها نموذجية.

أثناء ذلك، بمعرفة قوانين توزيع الانحرافات عن القيم الوسطى النموذجية، نحن نستطيع أن نحكم بأي مقدار يمكن أن نصادف في المجموعات المدروسة مواضيع مستقلة ذات انحرافات محددة. مثال: عند تحديد مجموعة من المقادير القياسية تتطلب غالباً وضع أية أخطاء في إيجادها أكثر احتمالاً وأيها أقل احتمالاً.

نستنتج أنه في كل المسائل القياسية، عندما يجري الحديث عن إيجاد متوسطات نموذجية نضطر في هذه أو تلك الصيغة أن نصطدم مع مفهوم الاحتمالات.

يسمى احتمال ظهور هذا أو ذاك الحدث (الظاهرة) في إحصاء الاحتمالات بنسبة الظواهر المصادفة إلى عدد كل الظواهر المتوقعة أو الممكنة. تدرس **نظرية الاحتمالات** الوضع العلمي للمسألة القياسية المرتبطة بشكل وثيق مع دراسة نظرية الاحتمالات، المسائل حول الاحتمالات وقوانينها.

تشبه التغيرات في مؤشر كمي ما (قطر، ارتفاع وغيرها) عند الأشجار المستقلة لنوع واحد والواقعة في ظروف متماثلة لحد ما، تلك الاختلافات في قياسات المادة المقاسة الحاصلة نتيجة الأخطاء الحتمية المصادفة. حيث تلعب التأثيرات المتباينة جداً للوسط الخارجي مثل: التغذية، الإضاءة، عمق التربة وغيرها، الدور الهام في الأخطاء المصادفة.

إن دراسة الظروف التي تسبب الانحراف عن قيم المتوسطات النموذجية (مثال انحرافات الأقطار وارتفاع الأشجار المستقلة عن الارتفاعات والأقطار المتوسطة لمجموعة هذه الأشجار) يسمح بالوصول لنتيجة هذه العوامل التي تسبب الانحرافات المختلفة وهي كثيرة جداً،

يمكن أن تكون قيم هذه الانحرافات ضئيلة جداً لو أخذت بمفردها، لكنها في المجموع تشكل قيم ملحوظة (معنوية).

تشرح نظرية الاحتمالات القانون الطبيعي لتوزيع الأخطاء في القياسات. حيث يصف قانون التوزيع الطبيعي طبيعة هذا التوزع الذي يعد أساساً لطرق إحصاء الاحتمالات (الشكل 1).

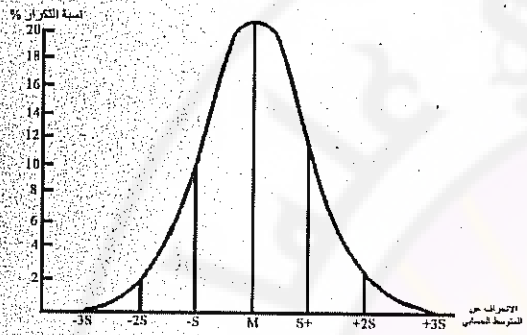
يمكن أن تنحرف السلاسل الإحصائية عن التوزع الطبيعي. بمساعدة نظرية الاحتمالات يتم التحليل الذي يُسّهلُ إظهار الأسباب الداعية إلى الانحراف عن قانون التوزع الطبيعي عند دراسة المؤشرات البيولوجية.

يعد **قانون الأعداد الكبيرة** واحداً من أسس الإحصاء الرياضي والذي يتلخص فيما يلي: أنه كلما كان عدد الحوادث أو الظواهر المشاهدة أكبر، كلما كان الاحتمال أكبر مما يؤدي إلى اقتراب نتائج المراقبة إلى القيمة الحقيقية للمقدار المبحوث عنه.

تتوضح أهمية هذا القانون بالدرجة الأولى بأنه يسمح على أساس القياسات (التجربة) تحديد احتمال الظاهرة المدروسة.

لإيجاد العلاقة أو النسبة بين عدد المواضيع المدروسة على أساس عدد المشاهدات الكبيرة (مثال: عدد الأشجار ذات المقاييس المحددة) إلى عدد كل المشاهدات (العدد الكلي للأشجار) يمكن اتخاذه كاحتمال يصف مدى مصادفة الأشجار ذات المقاييس المحددة في جملة الأشجار أو مجموعها.

يؤثر قانون الأعداد الكبيرة كقانون حقيقي موضوعي في كل مكان تتوافر فيه الأسباب والنتائج الكثيرة العدد. هو يسمح بتحديد تأثير الأسباب العامة وتنحية تأثير الخاصة وفي نهاية الحساب يعطى إمكانية وضع النسب بين العام والخاص. نستنتج أن قانون الأعداد الكبيرة يساعد على اكتشاف القوانين الطبيعية للظواهر أو العمليات الكثيرة الحدوث في الغابة. تتعادل الانحرافات الكثيرة العدد في هذا أو ذاك الاتجاه عن الوسطي الناتجة عن الأسباب العرضية فيما بينها.



شكل 1. المنحني البياني للتوزيع الطبيعي.

يقع قانون الأعداد الكبيرة في أساس الأسلوب الجزئي المستخدم في القياسات الغابية، لأنه لا يمكن قياس كل الأشجار على مساحة واسعة، إذ لا بد من تحديدها بأجزاء لقياسها ومن ثم تعميمها على كامل المساحة المدروسة.

عند إيجاد أساليب تحديد حجوم الأشجار والاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية تدرس القياسات الغابية المقادير التي تكونها أو التي تشترطها. هذه المقادير هي الارتفاع، القطر ومؤشر شكل السوق الخشبية وكذلك العلاقة الموجودة بينهما. تكون هذه القيم ضمن حدود هذه أو تلك المجموعات الحراجية مختلفة جداً. لذلك لا بد من وضع القيم الوسطى ودرجة اختلاف هذه القيم.

إن حل مثل هذه المسائل يمكن بأساليب إحصاء الاحتمالات. لتقييم العلاقة بين المؤشرات القياسية من المناسب استخدام نظرية **علاقة الارتباط**، والتي نمت أهميتها بشكل خاص نظراً لإعداد طريقة العلاقات المتبادلة الكثيرة العدد أو التحليل التشتتي، التي تفرق إلى الفئات المناسبة.

كما يدل أو يشهد به تاريخ تطور علم القياسات الغابية في البحث عن حلول أكثر صحة للمسائل القياسية ظهر اتجاهين: الأول يتلخص في البحث عن تلك المعادلات العامة، التي يسمح استخدامها في كل الأحوال بإيجاد حجوم وشكل الأشجار المستقلة والاحتياطات الخشبية للمجموعات الحراجية. غير أن هذا الاتجاه لم يعطي نتائج إيجابية، لأن التنوع الكبير للظروف

الطبيعية والاختلاف الكبير لمقاييس وأشكال الأشجار أفقد إمكانية وضع معادلات رياضية عامة بشكل مسبق.

تبين أن **أسلوب المراقبات أو المشاهدات الكبيرة جداً** هو الأكثر مناسباً. يتم في هذا الأسلوب القيام بأعداد كبيرة من المشاهدات في الطبيعة التي تصف هذه أو تلك المؤشرات القياسية، تحليل المعلومات وتصنيفها، بعد ذلك نستنتج النتائج المناسبة وتوضع المعايير القياسية للظروف المحددة.

ساعد أسلوب المشاهدات الكبيرة ووضع القيم الوسطى على أساسها إلى تطور وإعداد النظرية القياسية، وضعت نتيجة استخدام هذه الطريقة العلاقات المتبادلة بين المؤشرات القياسية المستقلة وحددت القوانين الطبيعية في تغيرات حجوم الأشجار والاحتياطات الخشبية للمجموعات الحراجية.

من خلال ما ورد تبين، بأن **موضوع القياسات الغابية يعد دراسة العدد الكبير من الأشجار والتي تؤثر وتتأثر بشكل متبادل فيما بينها والفئات المختلفة للمجموعات الشجرية.**

تمتلك الطريقة الإحصائية أهمية من الدرجة الأولى لمعرفة قوانين الأعداد الكبيرة، لحل المسائل القياسية أصبح الأسلوب الإحصائي يستخدم في أوائل العشرينيات من القرن العشرين، فتح هذا الأسلوب الطريق لوضع المعايير القياسية التي تعتمد على قاعدة علمية ثابتة،

تبعاً لما عرض عن تطور القياسات الغابية كعلم حددت فترتين: الفترة الأولى تمتلك عمر أكثر من 200 سنة حيث بدايتيا كانت في بداية القرن الثامن عشر وانتهت في العشرينيات في القرن العشرين.

وضعت خلال هذه الفترة على أساس المشاهدات المستقلة والكبيرة الجداول الحجمية التي تحدد حجم الأشجار ذات المقاييس المختلفة. في هذا الوقت أيضاً كانت قد أعدت جداول سير نمو المجموعات الشجرية التي تعكس ديناميكية نمو وتطور أنواع مستقلة من الأشجار.

توفر مثل هذه الجداول وسلسلة الوصوفات (الأعداد البيانية) الأخرى للغابة تُسَهِّلُ حل المسائل القياسية واعتبر في حينه مساهمة كبيرة في علم القياسات.

وضع في الفترة الأولى لتطور القياسات الغابية المعايير والمؤشرات الوسطى لوصف الأعداد الهائلة وكذلك قوانين وصفات هذه الأعداد لم تكن معلومة. كذلك لم يكن معلوماً أخطاء

تحديد الأعداد الكبيرة بالمراقبات المستقلة. بالكلام المختصر استخدام الطريقة الجزئية للقياس في العملي والناحية النظرية لهذه الطريقة لم تكن مدروسة بعد.

أضحى إنجاز هذه المسائل ممكناً بعد أن أصبحت البحوث القياسية تعتمد على نظرية الاجتمالات والإحصاء الرياضي.

بدأت الفترة الثانية لتطور القياسات الغابية في السنوات من (20-30) للقرن العشرين، بُدلت بشكل جذري في ضوء نظرية الاحتمالات، الدراسات حول الأعداد الكبيرة والقوانين الطبيعية لتغير المقادير المدروسة وخصائص المؤشرات الوسطى. أعطى تصور الغابة كظاهرة كبيرة الحجم والمساحة، الأساس لأن تكون السنوات (20-30) من القرن العشرين بداية فترة جديدة في تطور القياسات الغابية، المتميزة بخاصية استخدام الوسائل الرياضية الحديثة.

تستخدم القياسات الغابية عند إعداد نتائج القياسات حسابات وتحاليل رياضية مختلفة، كما تستخدم بشكل جزئي أساليب الهندسة الفراغية التحليلية عند كثير من الإنشاءات البيانية ودراسة المنحنيات البيانية الحاصلة.

لكي يتم إيجاد الاحتياطي الخشبي في هذا أو ذاك الجزء من الغابة تحدد عادةً **المساحة التجريبية** التي تعتبر جزءاً مخصصاً لوصف قطاع من الغابة أو الغابة بشكل كامل.

عند إجراء القياس في الغابة يتم تحديد الاحتياطي الخشبي الدقيق عن طريق **الموديلات** المدروسة وهذه الأخيرة تعتبر جزءاً من جملة الأشجار وهي بحد ذاتيا تعتبر المعيار الذي يحدد خصائص هذه الجملة أو المجموعة من الأشجار.

عند تقييم الغابة بالعين المجردة، يستعرض المقيم الغابة الواجب دراستها بجانب خطوط السير (خطوط التسديد) ونتائج مشاهدته التي تصف شرائط ضيقة نسبياً في الغابة تتوزع على عرض الغابة المحصور بين طريقين قياسيين متوازيين. في هذه الحالة كما في السابقات من خلال استعراض جزء من الغابة تحدد الغابة ككل – بمعنى يوضع الوصف التقييمي (القياسي) للمساحات الغابية، من خلال المعاينة الجزئية من قبل المقيم.

نلاحظ من الأقسام المختلفة لتقنية القياسات أن السمة المميزة التي تنفذ إلى كل الأقسام تعتبر تحديد الكل بواسطة الجزء الذي يتعرض لقياس دقيق. يعتمد هذا الأسلوب لمعرفة الموضوع المدروس الذي يعتمد على المراقبة الانتخابية التي تسمى بالجزئية. يستخدم هذا

الأسلوب بشكل واسع في فروع كثيرة من العلوم والتقنية. الأساس العلمي لأسلوب المراقبات غير الكلية أو الجزئية لدراسة المواضيع والظواهر هو نظرية الاحتمالات المترافقة مع الإحصاء الرياضي.

السؤال عن مدى التوافق بين النتائج الناتجة عن **المشاهدة الجزئية** والكلية يحل بالاعتماد على العلوم المذكورة.

إن توافق الجزء مع الكل يتحقق بالتنظيم الصحيح للمشاهدة الجزئية. تُشَكِّلُ نظرية هذه العملية جوهر العلوم الرياضية والإحصائية. حيث أن القياسات الغابية في كل أجزائها تعتمد على تلك العلوم الاختصاصية.

عند حل سلسلة مسائل متكاملة في القياسات الغابية يتم اللجوء إلى **الإنشاءات التخطيطية**، في هذه الحالة يتوجب ملاحظة أنه في الوقت الأخير لا تحدد أعمال البحث العلمية القياسية ببناء المخططات في إحداثيات قائمة الزاوية ذات المقياس المستوي. حيث تلاحظ بين المؤشرات القياسية على الأغلب علاقة خطية منحنية.

تحليل هذه العلاقات يُبَسَّطُ بشكل كبير عندما تشكل من الخطوط المنحنية خطوطاً مستقيمة. هذا التعديل من السهل إنجازه عن طريق بناء المخططات البيانية بإحداثيات ذات محاور لوغاريتمية.

نضطر للجوء إلى الإنشاءات التخطيطية لإيجاد القيم المتوسطة (الفاصلة) للمقادير القياسية وتحديد العلاقات الرياضية الأكثر احتمالاً بين المؤشرات القياسية. كذلك من السهل إيجاد الأخطاء في القياسات عن طريق إنشاء المنحنيات البيانية كما يكون أسهل اختيار المشاهدات النموذجية وطرح المشاهدات غير المطابقة للمواصفات (غير النموذجية).

من الواجب الإشارة إلى أنه يجب اللجوء إلى الحل البياني للمعادلات بشكل مباشر عن طريق المخططات البيانية- تمكن مثل تلك المخططات من إمكانية تحديد قيمة التابع بشكل سريع حسب قيم المتغيرات المطلوبة بدون أية إنشاءات إضافية، عن طريق حساب بسيط حسب التدريجة الموافقة.

* * *

الفصل الثاني

القياسات التقييمية "الأجهزة والمقاييس"

Evaluating Measurements (tools & Equipments)

2-1- واحدات القياس Measure units:

تقاس عند تقييم الأشجار النامية والمقطوعة أقطار الأشجار، طول الأخشاب المدورة المقطوعة، ارتفاع الأشجار النامية، المساحات القاعدية للسوق، وفي النهاية تحدد الحجوم، وفي حالات أقل كتلة المنتجات الغابية.

عند حل المسائل القياسية المذكورة يُعتَمَدْ على مقاييس الطول، مقاييس السطح لقياس المساحات، ومقاييس الحجم ومقاييس الوزن. تملك كل هذه الأشكال للقياس وحداتها الحسابية والتي سنستعرضها لاحقاً. لقد اعتمد المتر كمعيار لمقاييس الطول منذ أكثر من مائة سنة مضت. قسم المتر حسب مبدأ النظام العشري إلى 10 ديسيمتر (د.م)، 100 سنتيمتر (سم)، 1000 ميليمتر (مم).

يعد المتر المربع وحدة المساحة ($م^2$) أي مساحة المربع الذي طول ضلعه 1 م، ويعبر عن المساحة بالمتر المربع ($م^2$).

وحدة الحجم هي المتر المكعب ($م^3$) بمعنى حجم المكعب الذي ضلعه الجانبي يعادل 1م، ويعادل المتر المكعب $\frac{1}{10^6}$ سنتيمتر مكعب. يتوجب الإشارة إلى انه في البلدان المختلفة تستخدم نظم قياس وأوزان مختلفة.

لذا سنتعرف على واحدات الطول، المساحة، الحجم والوزن العالمية والواحدات المترية المعادلة لها.

1- واحدات الطول Length Units:

البوصة = إنش = 54،2 سم.

القدم = 12 بوصة = 48،30 سم.

اليارد = 3 أقدام = 44،91 سم.

الميل = 1609 م

الميل البحري = 1852 م

الكم = 1000 م

2- واحدات المساحة Area Units:

(البوصة)^2 = 45،6 سم^2.

(القدم)^2 =144 (بوصة)^2 = 3،929 سم^2.

(اليارد)^2 = 9 (أقدام)^2 = 8361 سم^2.

(الميل)^2 = 59،2 كم^2.

القصبة = 75،23 م^2

الدونم = 1000 م^2 = 10 آر، 1 هكتار = 10 دونم

الهكتار=10000م^2=4710،2 أكر (فدان) الآر =100م^2

الأكر (الفدان) [وحدة بريطانية] = 4047 م^2

3-واحدات الحجم Cubic Units:

(بوصة)^3 = (إنش)^3 = 39،16سم^3.

(قدم)^3 = 28317 سم^3 = 02831،0م^3.

(يارد)^3 = 76،0 م^3.

الكورد = 128 (قدم)^3 = 62،3م^3

4- واحدات الوزن Whigt Units:

قمحة = 8،64مغ = 0648،0غ.

دراخما = 77،1 غ.

الاونصة = 16 دراخما =35،28غ.

الليبرة (باوند) = 16 أونصة = 59،453غ.

الستون = 14 باوند = 35،6 كغ.

كڤارتير = 25 باوند = 34،11 كغ.

السنتنار = 100 باوند = 36،45كغ.

1 طن أمريكي = 20،907كغ ، 1 طن انكليزي = 0160،1 كغ.

يمكن أن يتحقق تقدم كبير في تطوير القياسات الغابية، فيما لو اعتمدت كل البلدان نظام واحد للقياسات الغابية، غير أن هذه الإجراءات لا تتحقق لأنها مازالت تصطدم بالعادات والتقاليد المتبقية.

نصحت المؤتمرات الغابية الدولية بتشجيع استخدام النظم القياسية الأكثر اكتمالاً وبساطة – النظم المترية. إلا أنه في الوقت الحالي لا تعتمد ولا يدخل النظام المتري في العملي كحل وسطي بسبب العادات الموجودة التي ترى من المناسب التعبير عن نتائج القياسات بالوحدات المحلية.

في الوقت الحاضر يقاس قطر وسماكة الأخشاب المنشورة والأشكال الأخرى للمنتجات الغابية المصنعة بالميليمتر(مم) والسنتيمتر (سم).

في نظرية القياسات، ثخانة الساق وأجزائه تعادل قطر المقطع العرضي للأجسام الدائرة، معتبرين هذا المقطع دائري. تقاس أقطار السوق وأجزاءه بالسنتيميترات. تقاس أقطار السوق في انكلترا والولايات المتحدة الأمريكية بالبوصة (1بوصة= 2،54سم) والقدم (1قدم = 30،48سم).

بهدف تسهيل القياس والإيجاد اللاحق للحجوم، تقرب المقادير الموجدة للأقطار إلى المقاييس المزدوجة الأقرب، وعلى الأغلب حتى المقاييس التي تختلق فيما بينها بـــ 4سم (4، 8، 12..... سم) تستخدم هذه التدريجات عند قياس الأقطار وتسمى بصفوف الأقطار. بهذا الشكل عند قياس سماكة أو قطر السوق يعتبر صف القطر الوحدة الحسابية المميزة.

تقاس سماكة السوق عند الأشجار النامية في أغلب الدول الأوربية على ارتفاع الصدر بما يتوافق و1،3م من قاعدة الساق حتى مكان القياس. تقاس الأقطار في انكلترا وأمريكا عند الأشجار النامية على ارتفاع 5،4 أقدام بما يعادل في الوحدات المترية 1،3م. في اليابان يتم القياس نفسه على ارتفاع يعادل 1،25م.

يقدر ارتفاع الأشجار النامية في أوربا بالأمتار والأجزاء العشرية للمتر. تقاس أطوال الأخشاب المدورة المنشورة بالأمتار وأجزاء المتر.

تقاس مساحة المقاطع العرضية والطولية للسوق بالسنتيمترات المربعة (سم^2) والـــ(م^2) – واحدات مساحة الأرض المشغولة بالأشجار هي (م^2)، الآر ويعادل 100م^2، الهكتار ويعادل 10000م^2 أو 100آر، الدونم = 1000م^2 = 10آر، 1هـــ = 10دونم.

في أغلب دول أوربا كمية الأخشاب تقاس بالمتر المكعب (م^3).

تستخدم في القياسات الغابية عند معالجة مسائل إيجاد الحجوم ثلاث مصطلحات:

أ- التكعيب الحجمي للأخشاب المدورة والمنتجات الخشبية الجاهزة وتسمى على الأغلب – بالحجم.

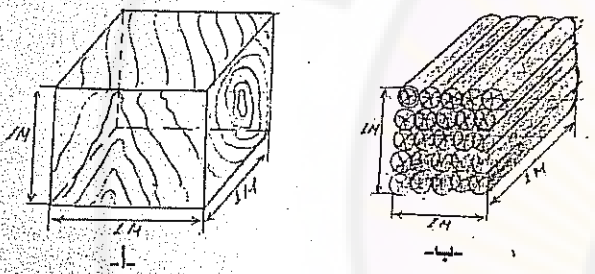
ب- التكعيب الحجمي للأشجار النامية المستقلة يسمى بالكتلة أو الحجم.

ت- كمية الأخشاب المحتواة في الأشجار المأخوذة بشكل كامل أو في واحد هكتار – الاحتياطي أو المخزون الخشبي.

تقسم الوحدات الحسابية الأساسية (الأمتار المكعبة) إلى متراص وغير متراص (ممتلئ وغير ممتلئ).

المتر المكعب الممتلئ Solid (stand) cubic wood: هو تلك الكمية من الخشب التي تشغل فراغاً طوله وعرضه وارتفاعه =1م (شكل 2- آ). كل هذا الفراغ في المتر المكعب الممتلئ مشغول بشكل كامل بالخشب بدون أية فراغات أو فواصل بين المقاطع المستقلة.

المتر المكعب غير الممتلئ Cubic wood (cord): له أيضاً نفس الطول، العرض، الارتفاع = 1م لكنه غير ممتلئ بالخشب بشكل كامل، فقط جزء منه (شكل -2- ب). توجد بين قرم الخشب المستقلة للمتر المكعب غير المتراص فراغات غير ممتلئة بالخشب.



شكل 2. المتر المكعب الممتلئ (في اليسار) وغير الممتلئ (في اليمين).

2-2- القياسات Measurements:

إن دراسة طرق القياسات الغابية يعتبر أساس كتاب القياسات الغابية، إن القياسات هي الأساس الأولي لوضع قوانين العلوم الاختصاصية.

يسمى الفعل الذي يحدد النسبة الرقمية (التناسب العددي) بين المقدار المقاس ووحدة القياس المختارة مسبقاً بالقياس، والذي يسمى غالباً بالمقياس أو المعيار.

اكتسبت القياسات مع تطور المجتمع البشري أهمية كبيرة في مجالات الإنتاج المختلفة، التقنية والعلمية، تلبية المتطلبات العديدة للمجتمع غير ممكنة بدون استخدام القياسات وأشكالها المختلفة. تجد الموازين، الساعات، مقاييس الحرارة والضغط وأدوات وأجهزة قياس أخرى استخداماً واسعاً في أعمالنا اليومية.

تلعب القياسات العالية الدقة دوراً كبيراً في الصناعات الحديثة والعلم. يسمح اتحاد النظم القياسية والتنظيمية بأتمتة مجموعة عمليات.

تقسم القياسات: إلى مباشرة، غير مباشرة، إجمالية.

القياسات المباشرة Direct measurements: وهي التي يتم الحصول عليها بشكل مباشر.

القياسات غير المباشرة Inirect measurements: هي النتائج التي يتم الحصول عليها على أساس القياسات المباشرة لعدة مقادير مرتبطة مع المقدار المبحوث عنه عن طريق معادلة معينة تعطي إمكانية حساب المقدار المطلوب بواسطة المعطيات التجريبية. تستخدم القياسات غير المباشرة في القياسات الغابية لإظهار المؤشرات التي تصف شكل السوق الخشبية q_2،f.

القياسات الإجمالية Total measurements: تسمى القياسات التي تحدد من خلالها المقادير المطلوبة من جملة قياسات مباشرة وسلسلة الحسابات المنجزة وفق معادلات مناسبة. هذا النوع من القياسات يجد استخدامه على الأغلب في التطبيق المخبري كحساب الحجم (V).

كل قياس لا بد وأن يكون له أخطاء مرتبطة مع مجموعة من العوامل التي تفترض ذلك. لتقريب نتيجة القياس إلى القيمة الواقعية للمقدار المقاس أعدت عدة طرق التي تظهر مصادر الأخطاء المحتملة. إذا كانت قيمة الخطأ وإشارته معروفتين فإن التقريب إلى القيمة الواقعية للمقدار المقاس يتحقق عن طريق جمع التصحيح لقيمة المقدار المشاهد.

في تلك الحالات، عندما يملك الخطأ إشارتين (+و-) فهو يصف خطأ القياس الأعظمي الممكن.

مقادير الأخطاء الناجمة عن الأجهزة والمقاييس ينظر إليها وفق معايير مناسبة توضع على تلك الأجهزة والمقاييس.

2-3- الأجهزة والأدوات القياسية Measurement tools & Equipments:

توجد في القياسات عدة أنواع من الأجهزة والوسائل لقياس المقدار المطلوب. وتوجد على تلك الأجهزة تدريجات وأرقام معينة تشير إلى قيمة المؤشر المقاس. توجد على بعض الأجهزة مسطرة مدرجة مع مؤشر يشير إلى تلك التدريجات ومجموعة أخرى من الأجهزة تعطي النتيجة النهائية للقياس خلال فترة وجيزة (مثال الحواسب الالكترونية).

تقسم الأجهزة إلى مجموعتين: الأولى تعمل بشكل يدوي (التسديد يدوي) كمقياس الارتفاع، مقياس المساحة وغيرها والثانية تعمل بشكل أوتوماتيكي (مقاييس أوتوماتيكية).

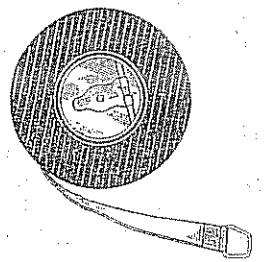
يجب الإشارة أن كل جهاز له دقة قياس محددة تقدر بمقدار الخطأ النظامي الذي يحدد انحراف المقدار المقاس عن الواقعي وهذا ما يسمى بدقة القياس للنتائج المقاسة أو دقة (حساسية) الجهاز.

1- أجهزة وأدوات قياس الأقطار Diameter measuring tools:

تسمى الفواصل الرقمية المحمولة على تدريجات الأجهزة المخصصة لقياس الأقطار في القياسات الغابية بصفوف الأقطار، وهي يمكن أن تكون 1، 2، 4 و5سم، تستخدم في أوربا الشرقية صفوف الأقطار بفاصل 4سم أما في أوربا الغربية فتستخدم صفوف الأقطار – 5سم.

تستخدم بكرة القياس أو شريط القياس لقياس طول الأشجار المقطوعة والأخشاب الناتجة عنها. يوجد أيضاً عصا القياس التي يوجد عليها تدريجات بفاصل 10سم وتعلم الأمتار الكاملة وأنصاف الأمتار ومن أجل سهولة الاستخدام تكون على الأغلب بطول 3م.

تستعمل بكرة القياس (الشكل 3) على الأغلب لقياس طول الخشب الدائري والكومة التي يوضع فيها كمية من الأحطاب، يختلف طول بكرة القياس وهو يتراوح من 5-50 متر. وهي يمكن أن تكون معدنية أو قماشية. تكون التقسيمات عليها بالسنتميتر والمتر. ينبغي الإشارة إلى أن **الشريط القماشي** يتمدد مع الزمن مما يؤدي إلى أخطاء في القياس، كما أن استخدام **الماسورة المعدنية** يكون غير مريح في الغابة وكذلك تصبح الأرقام المحمولة عليها غير واضحة مع الزمن بالإضافة إلى أن الشريط المعدني يمكن أن ينكسر مع الزمن.



الشكل 3. شريط القياس (بكرة القياس).

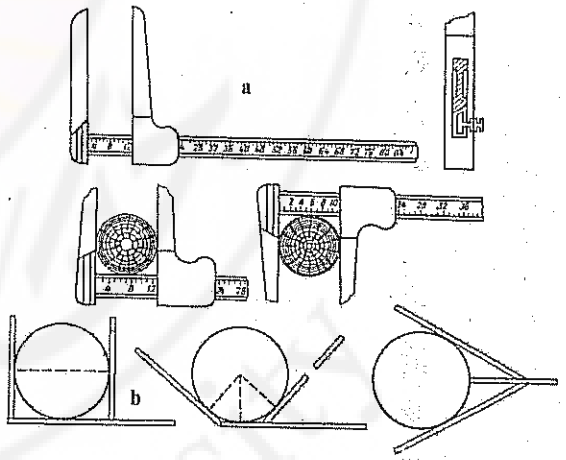
تقاس أقطار الأشجار النامية والمقطوعة بالشوكة القياسية (الشكل 4) تعد الشوكة القياسية الأداة الأساسية التي تستخدم في الأعمال القياسية. نتيجة تطوير التقنية القياسية لفترة طويلة

طورت مجموعة من **الشوكات القياسية** وهي في مجموعها تنتسب إلى **ثلاث نماذج** التي توضح من خلال الرسم التخطيطي في الأشكال (الشكل 4،A،B، C، D، E).

تتكون **شوكة قياس النموذج الأول** من مسطرة قياس محمل عليها تدريجات وعارضتين متوازيتين، إحداهما ثابتة وملتحمة مع نهاية المسطرة بزاوية قائمة. العارضة الثانية تتحرك على المسطرة بما يتوافق ومقدار قطر الساق المقاس.تشكل **شوكة النموذج الثاني** بتثبيت عارضتين على المسطرة اللتين تعتبران حدود زاوية مقدارها 120° بهذا التصميم للشوكة يحدد قطر الساق عن طريق قياس وتر الدائرة.

تتكون **شوكات النموذج الثالث** من محور ارتكاز وعارضتين مثبتتين عليه، تكون زاوية حادة وقطعة متحركة داخل محور الارتكاز. يحدد القطر حسب طول القطعة المتحركة من سطح الساق الجانبي حتى محور ارتكاز الشوكة. يمكن تبديل القطعة المتحركة في الشوكة بخيط قياس الذي يلتف حول جزء من محيط الساق الداخل في انفراج الشوكة.

تقاس أقطار السوق التي تملك لحاء أملس ومقطع عرضي قريب إلى شكل الدائرة بدقة واحدة بالشوكات القياسية من النماذج الثلاث.



الشكل 4. الشوكة القياسية.

A- المظهر العام، B- قياس القطر عند وضع مختلف للشوكات، C، D، E - نماذج للشوكات القياسية.

عند إيجاد انحرافات ملموسة للمقاطع العرضية عن شكل الدائرة يحدد قطر السوق بدقة أكبر باستخدام الشوكة القياسية من النموذج الأول. تملك الشوكة من النموذج الأول مسطرة ذات مقطع مربع التي فيها إحدى الجوانب الضيقة (الحافة) يتعامد مع النواحي العريضة< تُعمل على النواحي العريضة للمسطرة تجاويف بمقدار1مم (الشكل 4. A،B) التي تحمل عليها وبشكل متعامد مع طولها التدريجات: من إحدى الجهات تسجل الأرقام بفاصل 4سم ومن الجهة الأخرى تدون الأرقام بفاصل 2سم.

اليد الثابتة في الشوكة القياسية مثبتة بقاعدة ضخمة وعريضة بزاوية قائمة مع المسطرة ويوجد في نهايتها العريضة فتحة تدخل المسطرة المدرجة فيها وتثبت ببرغيين أو لولبين. اليد المتحركة أحد نهاياتها عريضة وتثبت مع المسطرة بفتحة ومجراة أو أفاريز بحيث تتحرك اليد المتحركة بشكل سهل على كامل المسطرة وتثبت بداخلها قطعتين من الحديد لتسهيل انزلاقها على المسطرة، كما تثبت اليد المتحركة بلولب كبير يسهل شده وحله لكي نتمكن من تثبيت اليد المتحركة في أي مكان على المسطرة وتكون اليدين حواف مستوية بحيث إذا التصقتا مع بعضهما يتماسان بسطح مستوي بشكل كامل واليدين تكون متعامدتين مع المسطرة. عند القياس تتحرك اليد المتحركة على المسطرة وتقع الساق بين اليدين بحيث تكون مماسة لهما ومتعامدة مع الشوكة وتؤخذ القراءة من على المسطرة.

لدى قياس أقطار الأشجار النامية تحدد التدريجات بما يسمى صفوف الأقطار 2سم أو4سم من بداية المسطرة. عند التقريب إلى 4سم تبدأ أول تدريجة 4سم على مسافة 2سم من بداية المسطرة. التدريجة 8 تقع حيث يجب أن تكون التدريجة 6، التدريجة 12 مكان الـ 10 وهكذا انظر (الشكل 4. A،B). يقرأ القطر المقاس وفق التدريجة الأخيرة، التي تشاهد بمحاذاة اليد المتحركة من الناحية الداخلية.

يجب أن تكون الشوكة القياسية الغابية ذات يد متحركة بسيطة، سهلة وتتحرك بشكل حر وانسيابي. يجب أن تُحمل التقسيمات بشكل دقيق وتكون الأرقام واضحة. يكون طول أيادي الشوكة أكبر بعض الشيء من نصف طول المسطرة. الطول العام للمسطرة 90سم، أيدي الشوكة القياسية 45سم أما وزن الشوكة حوالي 600غ. في الوقت الأخير يتم الطموح لتصنيع شوكات قياسات أوتوماتيكية. حيث تُسَهِّل عملية قياس الأشجار في الغابة وتسمح بشكل

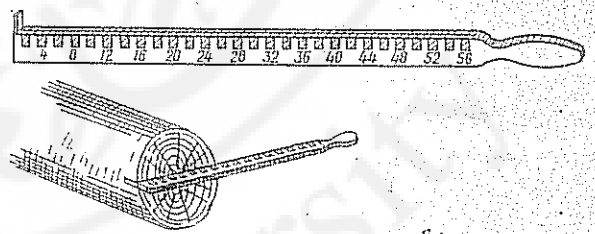
أوتوماتيكي إعداد نتائج الحساب على الآلات الحاسبة الإلكترونية. تم تصميم هذا النوع من الشوكات في عدد من الدول الأوربية الغربية.

من أجل قياس الأشجار باستعمال الشوكات القياسية يستعمل 2 أو 3 أشخاص، واحد يقيس الأشجار، الآخر يسجل نتائج القياس في السجل أما الثالث يضع إشارة على الشجرة المقاسة.

تقاس قطر الأشجار النامية على ارتفاع 1،3م من قاعدة الشجرة (مكان تماسها مع الأرض) أي القطر على ارتفاع صدر الإنسان لذلك عادةً يسمى **بالقطر على ارتفاع الصدر.**

جرد الأشجار في المجموعات الحراجية (قياس الأقطار) يعد أساس كل القياسات والحسابات الأخرى. نتيجة إمكانية وسهولة قياس وتحديد القطر يمكن استنتاج مؤشرات أخرى بمساعدة العلاقات الإحصائية أو تقديرها حسب مقدار القطر ذاته. بتحليل أهمية المؤشرات القياسية المستقلة أشار البروفسور بروودان [44] أن القطر على ارتفاع الصدر يعتبر مؤشر يمكن تحديده بسهولة وبدقة.

تقاس على الأغلب الجذوع والأخشاب الدائرية من النهاية الرفيعة التي تسمى **بالمقاطع العلوية.** يمكن أن يقاس قطر المقطع العلوي بأداة بسيطة – بمسطرة قياس لها في نهايتها حافة تكون أحياناً معدنية تمسك بالجذع (الشكل 5) أو متر قابل للطوي. هذه المسطرة عبارة عن عصاة بطول حتى 80سم مدرجة من الجهتين بالسنتيمترات وأجزائها. توضع نهاية المسطرة ذات الزاوية على طرف الجذع وتمرر المسطرة في وسط الجذع بحيث تقطع المركز ومن ثم تؤخذ القراءة بشكل مباشر التي توضح قطر الجذع في المكان المقاس. قطر الجذع يكون نتيجة متوسطة للقطر الأكبر والأصغر.



الشكل 5. مسطرة بزاوية لقياس أقطار الجذوع.

2- مقاييس الارتفاع Height measuring tools:

خلال 200 سنة من تطور التقنية القياسية صممت مجموعة كاملة من أجهزة قياس الارتفاع التي تعتمد في بنائها على أسس هندسية ومثلثية، قسّم البروفسور كورسون أجهزة قياس الارتفاع إلى مجموعتين:

آ) مقاييس ارتفاع تتطلب قياس المسافة من الشجرة حتى القائم بالقياس.

ب) أجهزة ارتفاع لا تتطلب هذا القياس.

قسّمت كلاً من هذه المجاميع بدورها إلى تحت مجاميع. صنف البروفسور جان باردي [42] أجهزة قياس الارتفاع وفق التصنيف التالي:

1- أجهزة قياس الارتفاع، التي بموجبها يتم قياس الارتفاع من مسافة تعادل ارتفاع الأشجار (هي مصممة وفق مبدأ المثلثات المتشابهة والمتساوية الساقين).

2- أجهزة قياس الارتفاع التي يمكن بواسطتها قياس ارتفاع الأشجار من أية مسافة من الشجرة (مقياس ارتفاع كارل لويس، مقياس ارتفاع فاوستمان، مقياس ارتفاع فييز وغيرهم).

3- مقاييس ارتفاع لا تتطلب قياس المسافة حتى الشجرة (مقياس ارتفاع كريستين).

4- مقاييس ارتفاع لا تتطلب قياس المسافة حتى الشجرة ولا تحتاج إلى سارية توضع على جذع الشجرة (هذا الأسلوب أساس الحل الرياضي للمثلثات) وهو معقد للاستخدام العملي.

انطلاقاً من تحليل تصنيفات مقاييس الارتفاع المستعرضة ننصح بالتصنيف البسيط التالي:

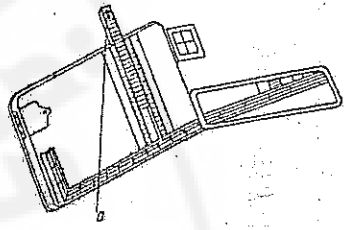
1- مقاييس ارتفاع تصمم وفق مبدأ تشابه المثلثات (مقياس ارتفاع فاوستمان، كريستين، فييز، مقياس الارتفاع الرقاص، قياس الارتفاع بالشوكة القياسية).

2- مقاييس ارتفاع مبنية على تصاميم هندسية (مقياس ارتفاع كارل – لويس، الإكليمتر وغيرها).

3- مقاييس ارتفاع مصممة وفق مبدأ بصري (مقياس الارتفاع البصري).

1- مقياس ارتفاع faystman فاوستمان: في نهاية القرن التاسع عشر حصل مقياس الارتفاع المرآتي لفاوستمان على انتشار واسع، في الوقت الحالي استبدل تدريجياً بأجهزة ذات

تصاميم أكثر اكتمالاً. نظراً لقدمه وعدم استخدامه في الوقت الحالي ونتيجة بعض الصعوبات في استخدامه نكتفي بعرض صورة تخطيطية للجهاز (الشكل 6).

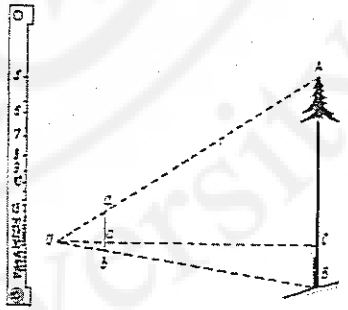


الشكل 6. مقياس فاوستمان المرآتي.

2- **مقياس ارتفاع كريستين** Kresteen height measuring tool: يستخدم بشكل واسع في الدول الاسكندنافية والولايات المتحدة الأمريكية، يوضح مبدأ عمل الجهاز في (الشكل 7). من خلال الرسم نجد أن الخط الشاقولي ab يوازي ساق الشجرة القائمة AB نستنتج أن المثلث AOB يشابه المثلث aob وبالتالي:

$$AC = ab:ac \rightarrow ac = AB\ AC.ab/AB$$

لنفرض أن ab عبارة عن محور ارتكاز (مسطرة) التي يحمّل عليها تدريجات بطول ac في هذه الحالة بتقريب وإبعاد المسطرة عن العين o ورفعها وخفضها حتى نصل للتلك الوضعية التي يتطابق فيها خطي النظر O_a و O_c مع النقاط A،C على ساق الشجرة. أثناء ذلك التسديد المسافة من الشجرة إلى القائم بالقياس يمكن أن تكون مختلفة وليست هنالك ضرورة لقياسها. بمساعدة المسطرة ab والعصا ذات الطول المحدد CB يمكن أن نقدر مقدار ac عند الارتفاعات المختلفة لـــ **AB** (الشكل 7).



الشكل 7. مقياس ارتفاع كريستين.

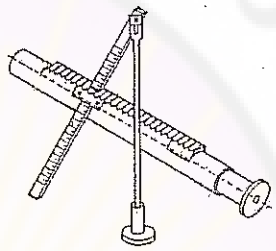
طريقة الاستعمال: نقف على مسافة اختيارية عن الشجرة وبتقريب وإبعاد المسطرة عن القائم بالقياس بحيث نحافظ على الوضع الشاقولي لها يمكن أن نصل لذلك الوضع الذي فيه المسطرة ab تغطي بشكل كامل الشجرة AB. في هذه الحالة التدريجية c التي تتقاطع معها المسطرة ab مع خط النظر OC الموجه إلى النهاية العليا للعصا الملصقة إلى ساق الشجرة BC يحدد ارتفاع الشجرة. يقرأ الرقم الواقع على استقامة رأس العصا C وهو طول الشجرة.

تعد ميزة مقياس كريستين للارتفاع أنه لا يتطلب قياس المسافة من الشجرة إلى مكان وقوف القائم بالقياس. كما أنه بغض النظر عن التضاريس نحصل على الارتفاع النهائي للشجرة بدون أية تصحيحات وفي قراءة واحدة. لذلك تحديد ارتفاع الأشجار بعصا كريستين يكون سريع جداً. حسب نتائج البروفسور زاخاراف [14] أنه يمكن قياس ارتفاع حتى 70 شجرة خلال ساعة واحدة. دقة القياس 3-5٪. عدل مقياس كريستين في عام 1952 من قبل المهندس اليوغسلافي نيقولاي أيك. التصميم الجديد له هيكل بطول 50سم تحمّل عليه مسطرة قياس الارتفاع. يزود الجهاز بيد تسمح بإبعاده عن العين بمسافة أكبر من طول اليد وفق طول جسم مقياس الارتفاع 50سم بدت التدريجات على المسطرة أكبر من القديمة. بنتيجة ذلك يتم تأمين دقة عالية لقياس الارتفاع. ترتبط يد الجهاز مع الجسم بمفصلة متحركة تعطي هذه المفصلة إمكانية تحريك اليد بشكل حر في كل الاتجاهات وعند قياس الارتفاع بشكل أوتوماتيكي يتم تحقيق الوضع العامودي لجسم مقياس الارتفاع. يسمح دوران اليد الحر بمسك الجهاز باليد اليمنى وكذلك باليد اليسرى.

الجهاز معدني قابل للطوي لكي لا يُكسّر أثناء المشي بالغابة ويوضع ضمن الجسم المخصص له. دقة الجهاز متعلقة بارتفاع الأشجار التي نقوم بقياسها: عند الارتفاع حتى 25م يشكل الخطأ 0،1- 0،25، عند الارتفاع حتى 40م الخطأ 0،35 – 0،5م، عند الارتفاع أعلى من 40م الخطأ يكون 0،5-1م.

3- **مقياس ارتفاع فييز** Fiez height measuring tool: يتكون مقياس ارتفاع فييز (الشكل 8) من أنبوبة نحاسية متحركة يوجد في نهاياتها نقاط تسديد بالنظر. تثبت على سطح الأنبوبة مسطرة التي تحمل عليها التدريجات لقياس ارتفاع الشجرة. يوجد على المسطرة ثقب (فتحة) التي يوضع بداخلها محور نحاسي مثبت بلولب على ارتفاع مختلف. تستخدم التدريجات على المحور للتثبيت على الجهاز المسافة من الشجرة حتى القائم بالقياس. تثبت

إلى النهاية العليا للمحور شاقول معدني. تقع التدريجة صفر على المحور في نقطة تثبيت الشاقول. أما التدريجة صفر على المسطرة مقابل وسط الفتحة التي يدخل فيها المحور. تملك إحدى نهايات المسطرة أسنان صغيرة. حجم كل سن يساوي مقدار التدريجة على المسطرة.



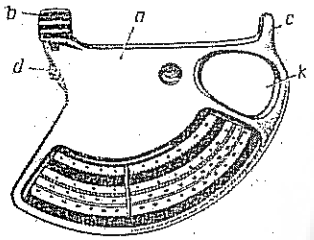
الشكل 8. مقياس ارتفاع فييز.

عند قياس ارتفاع الشجرة يحرّك محور الارتكاز على رقم التدريجة التي تساوي عدد الأمتار من الشجرة حتى المراقب. عند التسديد من نقاط التسديد الواقعة على الأنبوبة إلى قمة الشجرة، يتوقف الشاقول المعدني مقابل التقسيمة أو التدريجة التي تحدد ارتفاع الشجرة في مكان مستوي، الذي يضاف إليه ارتفاع القائم بالقياس. حتى تتم قراءة الرقم على مسطرة الارتفاع، أثناء التسديد إلى قمة الشجرة تدوّر الأنبوبة بسهولة حول محورها الطولي. في هذه الأثناء الشاقول الثلاثي الحواف يدخل في الفراغ بين سنين من المسطرة، تدريجات المسطرة الواقعة مقابل هذه الفراغات تشير إلى ارتفاع جزء الشجرة الواقع أعلى من عين المراقب.

قياس الارتفاع بمقياس ارتفاع فييز كما مقياس الأرتفاع المرآتي لفاوستمان مبني على مبدأ المثلثات القائمة الزاوية ومتعامدة الجوانب بشكل متبادل.

4- **مقياس ارتفاع كارل – لويس** Karl luwiss hight measuring tool: يملك مقياس الارتفاع كارل لويس جسم a على شكل جزء من دائرة (الشكل 9) نقاط تسديد عينية c ومادية b تتوضع في النهايات العلوية لجسم مقياس الارتفاع. بالإضافة إلى نيشان التسديد المعدني يوجد عتلة متحركة d التي تثبت مؤشر الجهاز في الوضع المطلوب. يوجد في الجزء العلوي للجسم فتحة k التي يدخل من خلالها الإبهام عند التسديد إلى قمة الشجرة. يثبت على الجهة المقابلة للجسم بالبراغي جدول يحتوي التصحيحات الواجب إضافتها إلى

المقدار المقاس عند التضاريس الجبلية. يسمح هذا الجدول بتوضيح درجات انحدار المكان بالمئة.



الشكل 9. مقياس ارتفاع كارل – لو يس (بلوم – لويس).

الجهاز مصنوع من المعدن الخفيف. أجزاؤه الميكانيكية مدخلة أو معلقة داخل الجسم، مما يتحاشى إضرار الآلية، كتلة مقياس الارتفاع 320غ مقاييسه 18 × 15 × 2 سم.

طريقة الاستعمال: يحدد ارتفاع الأشجار حسب تأشيرات المسطرة المقوسة الشكل مع تقسيمات الارتفاع. تستخدم كل تدرجة للتسديد إلى الشجرة من مسافة محددة: 15، 20، 30، 40م. تحدد بمساعدة المدرجة الخامسة السفلية انحدار المنحدرات بالدرجات وقياس مناسيب أو ارتفاعات الطرق والأقنية، كل المدرجات محمية بالبلور.

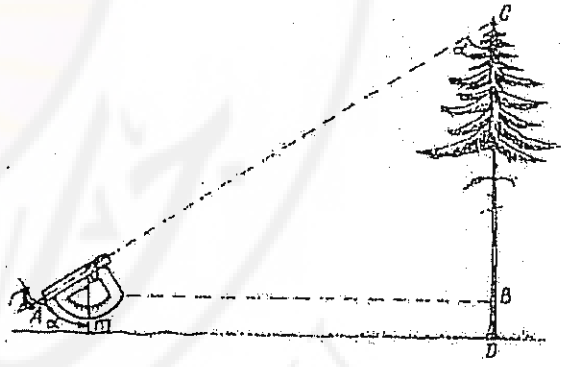
من أجل قياس ارتفاع الشجرة لابد في البداية من تحديد المسافة من الشجرة المقاسة حتى القائس. لأجل ذلك نستخدم بكرة القياس القابلة للطوي التي تثبت على الشجرة المقاسة بالشكل الذي تكون فيه التدريجة صفر موضوعة على مستوى النظر. يبتعد المقيم عن الشجرة ويتحرك بعض الخطوات إلى الأمام أو الخلف، يوجد في المقياس البصري واحد من الأرقام الأربعة (15، 20، 30 أو 40) الموجودة في الشريط القاعدي وفي نفس المستوى والتدريجة صفر. لنفرض أنه حصل في المؤشر البصري أن التدريجة صفر تقف في مستوى واحد مع التدريجة 20. هذا يعني أن المسافة من قاعدة الساق للشجرة المقاسة حتى عين القارئ تساوي 20م.

بتحديد المسافة من نقطة المراقبة حتى الشجرة يجب رفع العتلة الواقعة على الجانب المقابل لمقياس الارتفاع. بعد تحرير الرقاص، في البداية يسدد إلى قمة الشجرة وبعد ذلك إلى

القاعدة، يجب أن يستمر التسديد حتى يتوقف اهتزاز المؤشر أي يصبح في وضع عامودي، بعد ذلك ومن خلال التسديد إلى قمة الشجرة نضغط بالسبابة على العتلة الأمامية، عندها يتوقف المؤشر (الرقاص) على تلك التدريجة التي ستحدد ارتفاع الشجرة من القمة حتى مستوى العين. التسديد إلى القاعدة يكون مثل التسديد إلى القمة وبذلك نحدد المسافة من قاعدة الشجرة إلى عين المراقب. بجمع نتائج التسديد إلى القمة وإلى القاعدة نحصل على ارتفاع الشجرة.

إذا كان المقيم يقف في الجبال أسفل مستوى قاعدة الشجرة يجب أن تطرح نتيجة التسديد إلى القمة من قراءة التسديد إلى القاعدة. عندما تقع الشجرة على صخور بانحدار أكثر من 10 درجات لابد من إجراء التصحيح المكاني. من أجل ذلك وبمساعدة التدريجة الخامسة للمقياس تحدد زاوية الانحدار ويتم إيجاد مقدار التصحيح في الجدول المرافق ويضرب بارتفاع الشجرة والنتيجة الحاصلة تعبر عن ارتفاع الشجرة.

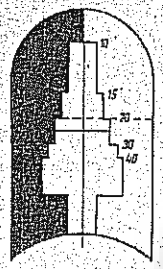
الجهاز له تصميم الرقاص (البندول) وهو مصمم على أساس الحسابات المثلثية (ظل الزاوية) (الشكل 10). لذلك نوضح طريقة قياس الارتفاع بواسطة مقياس الارتفاع الرقاص المماثل في تصميمه لمقياس ارتفاع كارل–لويس.



الشكل 10. قياس ارتفاع الشجرة بمقياس الارتفاع الرقاص.

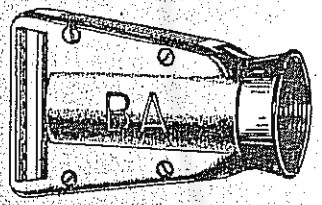
5- **مقياس الارتفاع (متر)** Height measuring tool: صمم في تشيكوسلوفاكيا سابقاً وحمل اسم (متر) تصميم هذا الجهاز يشبه جداً مقياس كارل لويس. ينحصر الاختلاف أن المسدد

المادي في المتر يعد في الوقت نفسه مقياس للمسافة مما يسمح بقياس المسافة من الشجرة حتى المراقب. يعد مسدد المسافة عبارة عن نطاق (إطار) مدرج (الشكل 11).



الشكل 11. مسدد المسافة التشيكي لمقياس الارتفاع (متر).

6- **مقياس الارتفاع البصري (BA)** Visual height measuring tools: يتكون من جسم مركب من جزأين متماثلين مثبتين بالبراغي (الشكل 12) يُوزع داخل الجسم نظام بصري.

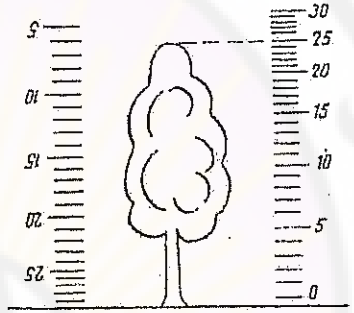


الشكل 12. مقياس ارتفاع بصري (الشكل العام).

يُصغّر النظام البصري صورة الموضوع في عدة مرات، تحمل على جسم الجهاز من جهة العدسة مدرجتين رقميتين: إحداهما للقياس من مسافة 15م، الثانية للقياس من مسافة 20م، الشجرة المنظورة من خلال مقياس الارتفاع البصري يتم عكسها من خلال العدسة في شق قائم الزاوية على الجدار المحمول على المسطرة (الشكل 13) عند ذلك التدريجة صفر للمسطرة توجه لقاعدة الشجرة المقاسة. فنجد أن التدريجة التي تحدد ارتفاع الشجرة كانت تساوي 25م (الشكل 13).

يملك هذا الجهاز مزايا كثيرة، قبل كل شيء هو يعمل ببساطة ويسمح بلمح البصر (لحظة) تحديد ارتفاع الشجرة. في الوقت نفسه يمكن لهذا الجهاز أن يقيس بالإضافة إلى ارتفاع الشجرة ارتفاع امتداد التاج وجزء الساق الخالي من الفروع وخالي من كل التعقيدات الموجودة في

الأجهزة الأخرى. تحصل الشجرة المقاسة على انعكاس مباشر في الجهاز ويوجد ارتفاع الشجرة بقراءة واحدة، بينما تتطلب التصاميم الأخرى لمقاييس الارتفاع تسديدتين إلى قمة وقاعدة الشجرة مع الجمع التالي لنتائج القراءة أو طرح إحدى القراءتين من الأخرى. يملك الجهاز وزن جداً قليل 30غ سهل الحمل ومن السهل إدخاله في جيب المراقب.



الشكل 13. تدريجات مقياس الارتفاع البصري.

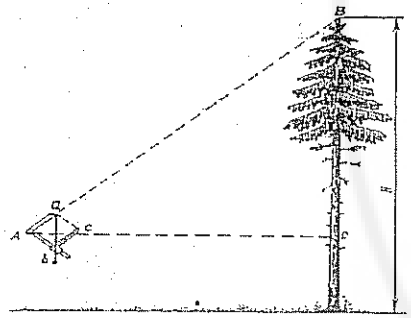
7- **قياس الارتفاع بالشوكة القياسية:** يمكن قياس الارتفاع أيضاً بمساعدة شوكة القياس (الشكل 14) من أجل ذلك تحمل على اليد المتحركة تدريجات ويعلق خيط على اليد الثابتة يربط إليه ثقل ما. يتطابق مكان تعليق الشاقول مع الوزن مع التقسيمة صفر على اليد المتحركة عندما تتماس اليدين مع بعض. عند التسديد بوساطة اليد الثابتة إلى الشجرة نحصل على مثلثين قائمي الزاوية ABC،abc . لدى هذين المثلثين جانبين متعامدين مع بعضها نستنتج أنهما متماثلين.

من أجل قياس ارتفاع الشجرة الواقعة على أرض مستوية، في البداية تقاس المسافة بالأمتار من قاعدة الشجرة حتى المراقب، أي إيجاد طول الخط AC وطبقاً له يحدد طول الخط bc. من أجل ذلك اليد المتحركة للشوكة القياسية تبعد عن اليد المتحركة بعدد من السنتيمترات يعادل عدد الأمتار من الشجرة حتى القائم بالقياس. في ظل هذا الوضع النسبة AC،ac تساوي 100، بعد ذلك تسدد بواسطة السطح الداخلي لليد الثابتة إلى قمة الشجرة، الأرقام الواقعة مقابل التقسيمة على اليد المتحركة والتي تتقاطع مع الشاقول (الخيط والوزن) تحدد طول الخط bc بالسنتيمترات. نسبة طول الخط CB (ارتفاع الشجرة منقوص منه ارتفاع الشخص القائم بالقياس) إلى الخط bc سيساوي 100. نستنتج أن ارتفاع الشجرة المنقوص منه ارتفاع الشخص

القائم بالقياس سيكون ذلك الرقم بالأمتار وهو يعادل مقدار السنتيمترات المثبتة على المسطرة bc. طول الشخص تقريباً يساوي 5،1 متر يضاف إلى التدريجة الناتجة عن تقاطع الخيط مع اليد المتحركة المدرجة فنحصل على ارتفاع الشجرة الكامل.

إذا كانت الشجرة المقاسة تقع أسفل عين الناظر في البداية يسدد القائس إلى قمة الشجرة ومن ثم بواسطة أسفل اليد الثابتة إلى قاعدة الشجرة، سيقف الشاقول (الخيط المعلق إليه ثقل) في جهة أخرى من الصفر على اليد المتحركة. مجموع القراءتين يدل على ارتفاع الشجرة بالأمتار.

عندما تقع الشجرة في مكان مرتفع والقائس أسفل منها لابد في البداية من التسديد إلى قمة الشجرة وبعد ذلك إلى القاعدة. عندئذٍ القراءات ستكون في جهة واحدة من الصفر. في هذه الحالة لإيجاد ارتفاع الشجرة نطرح القراءة الثانية إلى قاعدة الشجرة من القراءة إلى قمة الشجرة، تصل دقة القياس بالشوكة القياسية لـــ ±5،0م.

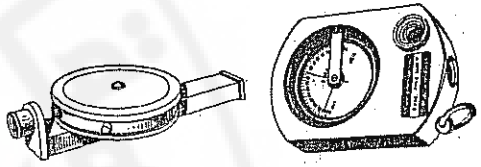


الشكل 14. قياس ارتفاع الشجرة بالشوكة القياسية.

8- الإكليمتر Clinometers: يستخدم الإكليميتر بشكل واسع لقياس الارتفاع في العملي (الشكل 15) وهو يتألف من علبتين معدنيتين أحدهما ذات أربع حواف مستقيمة والأخرى مستطيلة وفوقها تثبت حلقة يوجد عليها تدريجات تشير إلى قيمة الزاوية. من أجل تحديد ارتفاع الشجرة تقاس في البداية المسافة من الشجرة بما يعادل 10 و15 أو 20 متر. تختار إحدى هذه القيم ومن خلال نقطة التسديد يسدد إلى قمة الشجرة وتقرأ قيمة الزاوية على الإكليميتر بين الوضع الأفقي وخط التسديد.

يعتمد هذا الأسلوب لتحديد ارتفاع الشجرة على أن النسبة بين ارتفاع الشجرة H مطروح منه المقدار h الذي يساوي المسافة من الأرض حتى عين القائم بالقياس على المسافة A من

الشجرة حتى نقطة وقوف القائم بالقياس أو المنطقة التي يسدد منها إلى قمة الشجرة وتعتبر ظل الزاوية a المشكلة بين الوضع الأفقي وخط التسديد A،H-h/A = tga ⟶ H-h = tg a



الشكل 15. الإكليمتر (من اليسار) ومقياس الارتفاع الفنلندي (من اليمين).

لكي لا يتم كل مرة الحساب عند قياس الارتفاع للزوايا ذات القيمة المختلفة، ظل الزوايا المقروءة يضرب بالمسافة A التي تساوي 10،15، أو 20م ويضاف إلى النتيجة الحاصلة مقدار h والذي يعبر عن المسافة من الأرض حتى عين المراقب ويساوي 1،5م وهناك بعض الأجهزة التي يلحق بها جدول إضافي يشير إلى ظل الزاوية والمسافة وارتفاع الشجرة المقابل وفق معادلة ظل الزاوية المدونة سابقاً.

الدندرومتر: من أجل قياس أقطار الأشجار على ارتفاعات مختلفة والتي لا يمكن قياسها بشكل مباشر توجد أجهزة قياس تسمى الدندرومتر، الجزء الأكبر من هذه المقاييس تشبه مقاييس الارتفاع وهي تعتمد على أسس رياضية وخصائص المثلثات وطريقة استعمالها تشبه طريقة استعمال جهاز قياس الارتفاع لكارل – لويس.

3- مقاييس الزوايا Angle Measuring tool (Angel gauge):

1- عصا بيترليه Peterlie stick:

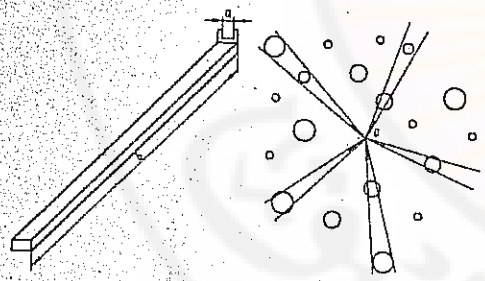
اقترح العالم الاسترالي بيترليه [35] جهاز بسيط جداً لتحديد مجموع المساحات القاعدية للأشجار المقاسة (الشكل 16) وهو يسمى **بمقياس الملوءة** Stocking measurement tool. هو يتكون من عصا خشبية بطول b تساوي 1م، يعلق على إحدى نهايتيها إطار تسديد معدني بشق أو فتحة a التي تعتبر نيشان التسديد. عندما يكون طول العصا 1م عرض فتحة التسديد يساوي 2سم ونسبة فتحة التسديد إلى طول العصا تساوي a/b = 2/100 = 1/50.

طريقة الاستعمال: ينحصر أسلوب بيترليه في تحديد مجموع المساحات القاعدية كالتالي ترفع العصا إلى مستوى العين وتكون في وضع أفقي وتوضع على رأس الخد (الوجنة) ويتم التسديد على الأشجار القريبة على امتداد طول العصا من خلال إطار التسديد المعدني. يقف المسدد في وسط الغابة ويدور حول نفسه دائرة كاملة ويسدد بالتدريج إلى كل الأشجار التي تقع حوله حيث تقرأ الأشجار التي تغطي ضوء فتحة التسديد بمقدار واحد. الأشجار التي تلامس حواف زاوية التسديد تقرأ نصف أو كل اثنتين واحد. الأشجار التي تقع داخل فتحة التسديد لا تقرأ. بهذا الشكل يقوم المقيم الواقف في النقطة O (الشكل 16 من اليمين) برصد الأشجار الواقعة في مساحة دائرية، حيث مع ازدياد قطر الأشجار يزداد قطر المساحة الدائرية.

بنتيجة القراءات الحاصلة في عدة دوائر والمحددة في أماكن مختلفة من الغابة يحدد العدد الوسطي للأشجار N.

$$N = \frac{N_1+N_2+N_3+\cdots+N_n}{n} \qquad (1)$$

عدد الأشجار N يساوي مجموع المساحات القاعدية لكل الأشجار $\sum g$ الموجودة في 1 هكتار من الغابة المقيمة معبراً عنها بالمتر المربع $(N = \sum g)$.



الشكل 16. عصا بيترليه.

من اليسار رسم تخطيطي للأداة (العصا)، من اليمين تحديد مجموع مساحات المقاطع العرضية حسب أسلوب بيترليه. . O- مركز التسديد.

2- **الريلسكوب المرآتي:** من خلال التطور اللاحق لفكرة تحديد المساحات الزاوية توصل بيترليه [36] إلى تصميم جهاز بصري حمل اسم الريلسكوب المرآتي (الشكل 17) عدل

تصميم هذا الجهاز كل الوقت وهو يوجد بأشكال عدّة. يعد الريلسكوب المرآتي جهاز عام يستعمل لتحديد:

أ- مجموع المساحات القاعدية للأشجار التي تكون مجموعة حراجية.

ب- لقياس الارتفاعات.

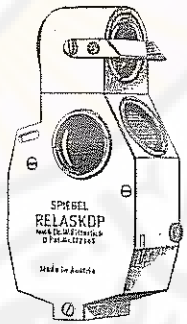
ج- معاملات الارتفاع ومعاملات الشكل.

د- قياس المسافات القصيرة في المكان.

ه- لتحديد زاوية الانحدار لموقع ما.

و- قطر الشجرة على أي ارتفاع.

يملك الريلسكوب شكل هرمي، ارتفاعه 13سم، عرضه 6سم، وسماكته 5،3سم. يمكن تحميل قاعدته على ثلاث حوامل لكاميرا طبوغرافية مما يسهل إدارته، وللجهاز حمالة جلدية تسهل حمله على الرقبة وله من الأمام واقية شمسية من أجل سهولة الرؤيا أثناء سطوع الشمس، يوجد داخل كاميرا الريلسكوب ثلاث فتحات دائرية مضيئة متوضعة في ثلاث جهات للجهاز، يوجد في هذه النوافذ زجاج معتم يتم من خلالها دخول الضوء. في الجزء العلوي الأمامي والخلفي لجدار الريلسكوب توجد أماكن تسديد دائرية الشكل التي من خلالها يتم التسديد إلى الموضوع المقاس.



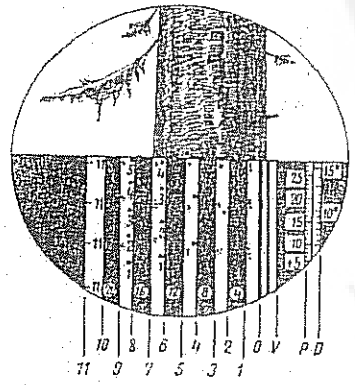
الشكل 17. الريلسكوب المرآتي لبيترليه.

طريقة القياس: من خلال النظر من فتحة الجهاز نلاحظ وجود حقل رؤية دائرية الشكل مقسومة إلى قسمين القسم العلوي- يحوي الجزء من الشجرة المراد قياسه، والقسم السفلي يتكون من أشرطة ضيقة وأشرطة عريضة وأربع أشرطة ضيقة في شكل شريط واحد، تستخدم هذه

الأشرطة لقياس مجموع المساحات القاعدية وأقطار الأشجار. كما يوجد شريطين للمسافات (الأخيرين من اليمين) تستخدم لتحديد المسافة ومسطرة لظل الزاوية والتي بواسطتها يتم قياس الارتفاع وانحدار المكان.

بعده تأتي أربعة خطوط صغيرة تسمى المجال الرباعي (الحقل)، بعد ذلك تأتي الخطوط العريضة (أشرطة) بيضاء وسوداء حتى النهاية. عرض الشريط الواحد الأبيض أو الأسود هو عرض المجال الرباعي. خط الوسط هو خط التسديد وبين هذه الخطوط أرقام حتى العشرة، تدل هذه الأرقام على المسافات التي نقوم بإجراء القياس منها. يمسك الجهاز بواسطة قبضة اليد من الأسفل من دون إغلاق نافذة الريلسكوب - تضغط سبابة اليد على مفتاح توقيف المؤشر الواقع في الجزء السفلي من الأمام، اتجاه الموضوع المقاس عند تحديد هذا أو ذاك المؤشر القياسي.

يتم النظر من خلال فتحة التسديد بالعين اليمين ويتم انتقاء الموضوع بالعين اليسرى التي تتوجه إلى الموضوع المقيم (الذي سيتم قياسه). عند التسديد من خلال النافذة ذات الشكل الدائري بمسدد العين (في النصف العلوي) سيتم رؤية الموضوع الذي سيتم قياسه. أما في النصف السفلي للنافذة فتظهر المدارج القياسية التي ستعكس بمساعدة النظام المرآتي بواسطة المؤشر (الشكل 18).



الشكل 18. تدريجات الريلسكوب.

نحسب القطر على أي ارتفاع من الساق من خلال المعادلة:

$$D = N.2L + n.½L$$

حيث:

D: القطر بالـــ سم.

N: عدد الأشرطة العريضة التي يحصرها جذع الشجرة المراد قياس قطرها.

n: عدد الأشرطة الضيقة التي يحصرها الجهاز على الجذع المراد قياس قطره.

L: المسافة بين القائم بالقياس والشجرة.

أثناء عملية القياس نقوم بالتسديد للشجرة المراد قياس قطرها، نثبت الجزء اليساري لجذع الشجرة وبحيث يقع الحد اليميني للجذع ضمن المجال الرباعي كما هو موضح في (الشكل 18). وبعد ذلك نقوم بعد الأشرطة العريضة والضيقة التي يحصرها الجذع ونطبق العلاقة المذكورة آنفاً.

3- المسدد القياسي:

صمم العالم السويسري بيترليه جهازين من أجل التحديد الأوتوماتيكي لمجموع المساحات القاعدية للأشجار في 1 هكتار.

أ- عصا زاوي (مسطرة بزاوية) (D.e Winkelzahlprobe).

ب- الريلسكوب.

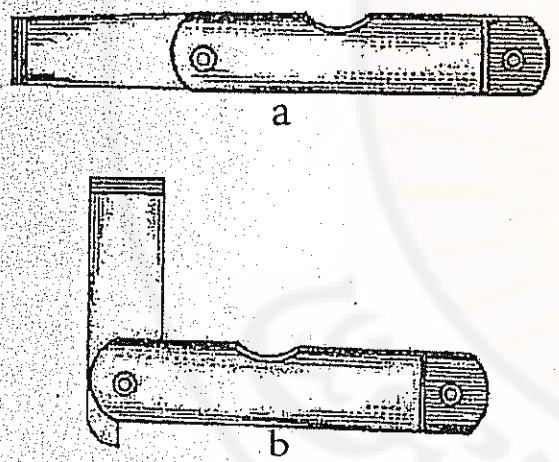
تقع في أساس كلا الجهازين نفس الفكرة التي تخلص إلى تحديد التناسب الثابت بين مساحة المقطع العرضي للساق ومساحة المساحة الدائرية. هاتين القيمتين تشكلان بالنسبة لبعضهما البغض 1/10000.

بما يتوافق وهذه النسبة كل شجرة مقروءة أو محسوبة تعادل مساحة مقطع 1م مربع في 1 هكتار. مثل هذه الفكرة شكلت قفزة كبيرة تحمل أهمية عظيمة في علم القياسات ووضع من خلالها بيترليه بداية عصر جديد في تطور القياسات الغابية ودخلت في تصاميم الأجهزة التي صممها بيترليه لاحقاً ومن هذه الأجهزة أيضاً الموشور التسديدي الموضح في (الشكل 19).

من أجل سهولة استخدام المسدد القياسي زوّد بيد قابلة للطي، يوضع الموشور على مستوى العين بالشكل الذي يكون فيه خط التسديد من العين إلى الشجرة المنظورة يتقاطع بشكل عامودي من الناحية الجانبية للموشور (الرقيقة).

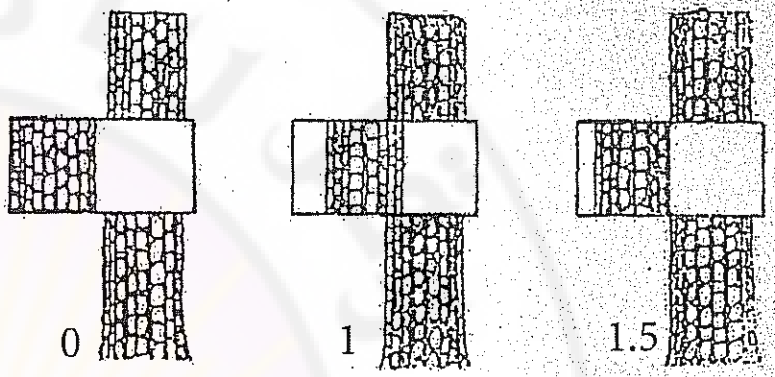
يجب أن يوجه خط النظر إلى ساق الشجرة في النقطة الواقعة عند مسافة 1،3م من الأرض. يمكن مسك الموشور من أية مسافة عن العين وهذه تعد أحد المزايا الأساسية للمسدد القياسي بالمقارنة مع العصا الزاوي لبيترليه.

عند النظر إلى الشجرة من خلال الموشور نلاحظ على الموشور ثلاث حالات (الشكل 20) في إحداهما نلاحظ أن جزء من الساق يبدو متحركاً بشكل جزئي وليس على كل قطره، في هذه الحالة الشجرة تُقرأ واحد. في الحالة الثانية ينزاح الساق خارج حدوده، كما لو أنه واقع خارج محيط الشجرة أو في الهواء. في هذه الحالة لا يُقرأ. كما لو أنّه يقع خارج حدود المساحة المقيمة. عندما يكون مقدار الإزاحة يساوي مقدار سماكة الساق أو قطره تُقرأ كل شجرتين برقم واحد أي تحسب نصف فقط.



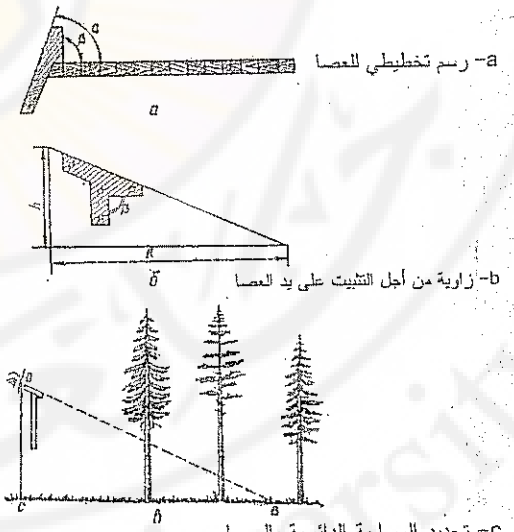
الشكل 19. المسدد القياسي (الموشور).

a- شكل مفتوح. b- شكل نصف مفتوح.



الشكل 20. تقاطع الموشور مع جزء الساق المسدد إليه.

4- عصا القياس Measurement stick: ويمكن بواسطتها قياس مساحة المساحة الحسابيّة الدائرية وقطر الأشجار وارتفاعها (الشكل 21). ونوضح من خلاله a- رسم تخطيطي للعصا، b- زاوية من أجل التثبيت على يد العصا. c- تحديد المساحة الدائرية بالعصا. وسيتم شرح طريقة الاستعمال في الجزء العملي لكونها طويلة.



a- رسم تخطيطي للعصا

b- زاوية من أجل التثبيت على يد العصا

الشكل 21. عصا القياس.

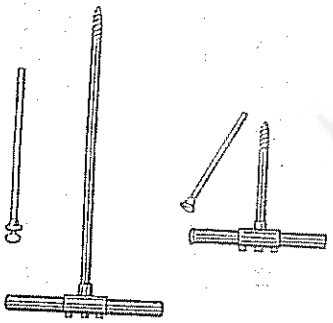
c- تحديد المساحة الدائرية بالعصا

4- مقاييس العمر والنمو:

1- مسبار العمر Increment borer:

يوضح (الشكل 22) مسبار النمو في اليمين ومسبار العمر في اليسار حيث يؤخذ من الشجرة النامية سبرة بواسطة مسبار العمر. هذه السبرة تكون اسطوانية الشكل وموضحة عليها حلقات النمو، التي نستطيع أن نقيسها من خلال تدريجات موجودة على الجهاز ونعرف بواسطتها مقدار النمو في القطر خلال كل 10 سنوات. وكذلك أن نحسب عدد حلقات النمو - عمر الشجرة.

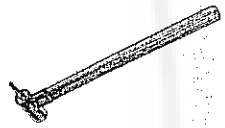
لكي نحدد شدة نمو الشجرة من حيث القطر نقيس عرض حلقات النمو السنوية للخشب، من أجل ذلك نأخذ سبرة على شكل اسطوانة دائرية من ساق الشجرة بواسطة مسبار بريسلير وهو عبارة عن أنبوبة فارغة تملك في إحدى نهايتيها سن قلاووظ (لولب) (الشكل 22) من اليمين، النهاية الأخرى للأنبوبة ذات شكل رباعي مركّب عليها فتحة عريضة للأنبوبة الثانية التي تستخدم يد للمسبار وفي الوقت نفسه غلاف (بيت). عند تدوير مسبار النمو (العمر) في ساق الشجرة يدخل خشب مستطيل الشكل في جوف (فراغ) الأنبوبة. مقطع تجويف الأنبوبة مخروطي يدور حول يد المسبار بنهاية موسعة. بفضل مثل هذه النهاية الواقعة في الأنبوبة تبقى اسطوانة الخشب عند تدوير المسبار في داخلها. لكي يتم نزع اسطوانة الخشب من الساق توضع بينها وبين جدران المسبار اسطوانة فولاذية ضيقة ذات أسنان صغيرة، بعد ذلك عندما ينزع المسبار من الساق وبمساعدة الاسطوانة تستخرج اسطوانة الخشب من تجويف الأنبوبة. يوجد على الجهة المعاكسة للاسطوانة تدريجات تستخدم لقياس عرض الحلقات السنوي.



الشكل 22. مسبار النمو من اليمين ومسبار العمر من اليسار.

2- مطرقة النمو Growth Hammer:

تخصص لنزع سبرة مستطيلة (عينة) من ساق الشجرة، لوصف مقدار النمو (الشكل 23). يضرب بالمطرقة بالشكل الذي تدخل به النهاية الحادة للمطرقة في الساق في الاتجاه القطري، في هذه الحالة تستخرج أسطوانة خشبية بواسطة رأس مجوف. تنزع المطرقة من الشجرة والأسطوانة الخشبية بمساعدة إبرة أو صنارة خشبية (مسمار) بضربها من النهاية المقابلة لرأس التجويف. يتطلب نزع اسطوانة خشبية بمساعدة مطرقة النمو وقت أقل بكثير مما تتطلبه هذه العملية بواسطة مسبار النمو.

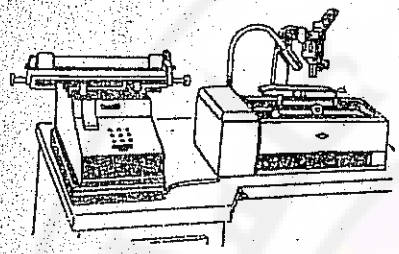


الشكل 23. مطرقة النمو.

3- جهاز البروفسور إكليند (سويسرا):

يستعمل لقياس حلقات النمو من العينة الخشبية المستطيلة الشكل تحت الميكروسكوب (الجهة اليمنى) وبواسطة آلة ميكانيكية حسابية (الجهة اليسرى) (الشكل 24). يتكون الجهاز من آلتين يعملان معاً: ميكروسكوب القياس مع عارضة متحركة وآلة طابعة حاسبة الكترونية لوغاريتمية مزودة بخط ناقل.

تتحرك عارضة الميكروسكوب بالاتجاه الطولي، يوجد في العارضة حاضنة توضع فيها العينة الخشبية الأسطوانية الشكل المنزوعة من الشجرة بواسطة مسبار بريسلير. في الجهة اليمنى من الطاولة يوجد مسنن أو ترس الذي بتدويره يمكن تحريك العارضة في الاتجاه المطلوب وبهذا الشكل نستطيع أن نشاهد بشكل تدريجي كل حلقات النمو للأسطوانة الخشبية بواسطة الميكروسكوب.



الشكل 24. جهاز لقياس النمو.

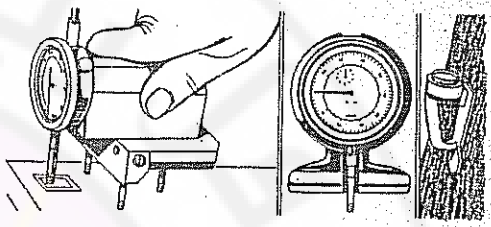
تؤدي آلية النقل المسنن إلى تحريك الموضوع المراقب بالتدريج مما يسمح بقياس مقدار إزاحة العارضة بدقّة. يمكن وضع صندوق النقل المسنن في ثلاث وضعيات عاملة، في أول وضعية يقاس عرض الحلقات السنوية بدقة حتى 0،01مم. في الثانية حتى 0،1مم. الوضعية الثالثة تؤمن نفس الدقة التي في الأولى ولكن نتيجة القياس تتضاعف بشكل أوتوماتيكي. في الحالة الثالثة يحدد النمو ليس حسب نصف القطر بل حسب القطر كاملاً. الجزء اليميني للجهاز ناقلة أفقية التي يرتبط فيها الجزء المتحرك للميكروسكوب مع ماكينة الحساب الآلية (الجزء اليساري للجهاز). يمكن أن تزود الآلة الحاسبة بصفيحة شريطية أو خاصة والتي يمكن أن يسجل عليها أوتوماتيكياً نتائج قياس الحلقات السنوية المعدة تحت الميكروسكوب. يمكن أن يقاس مقدار النمو خلال سنة أو 5 سنوات أو10 سنوات..... الخ.

4- الدندرومتر Dendrometre:

يمكن أن يقاس سير النمو في القطر عند الأشجار النامية بمقاييس دقيقة تسمى الدندرومترات. يعتبر **الميكرو دندرومتر** الأكثر اكتمالاً، الذي صمم عام 1952 في سويسرا (الشكل 25). بمساعدة هذا الجهاز يحدد سير النمو عند الأشجار النامية خلال وقت قصير جداً، خلال ساعة، يوم، أسبوع أو شهر.

يتكون الدندرومتر الدقيق من ساعة قياس دقيقة واسطوانة معدنية خفيفة ومسمار وصلة مرتبط مع ساعات القياس بشكل مباشر يلامس مكان قياس النمو على الشجرة. ويوجد على السطح الملامس للجهاز لولب (برغي) بطول 3-4 سم الذي يدخل في الخشب لعمق 2-3 سم.

بهذا الشكل نستطيع بعد وضع الجهاز على مكان القياس أن نحدد النمو بمقدار 1،0 حتى 10مم.



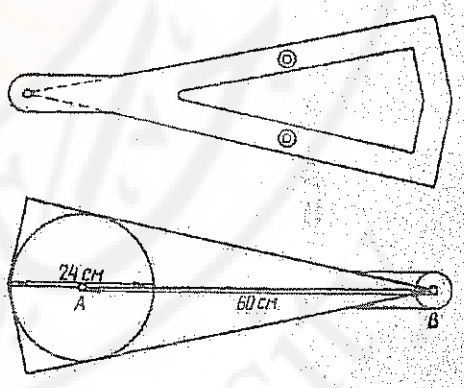
الشكل 25. ميكرو دندرومتر في وضعيات مختلفة.

قبل القياس يجب أن ينظف مكان القياس بشكل جيّد والأشجار ذات اللحاء الثخين ينزع لحاؤها. وللحصول على نتائج دقيقة يجب أن تثبت براغي الجهاز بشكل جيّد في الخشب (بشكل ثابت غير متحرك) تؤخذ القراءة من الساعة المثبتة على الجهاز.

5- جهاز لتحديد نمو الأشجار خلال فترة النمو (عداد أوكس متر):

يمكن من خلاله تحديد مقدار النمو خلال فصل النمو لمدة 5،10 أو 15 يوم بأخذ الفرق بين قراءتين ومعرفة مقدار النمو خلال فترة القياس.

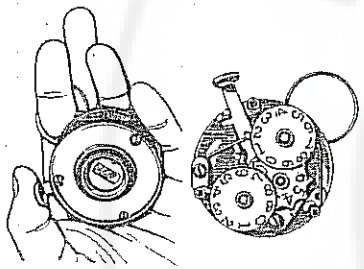
جهاز بيترليه لتحديد ملوءة كومة الخشب: يستعمل لتحديد ملوءة كومة الخشب (الشكل 26). ونكتفي بتوضيح شكل الجهاز دون التطرق لمبدأ أو طريقة عمله.



الشكل 26. جهاز بيترليه لتحديد ملوءة كومة الخشب.

العدّادات :

تستخدم عدادات ميكانيكية تشبه ساعات الجيب حيث تقوم بعد الأشجار والجذوع لتسهيل عملية الإحصاء والحسابات داخل الغابة، حيث نقوم بالضغط على الزر أو العتلة الموجودة على جانب العداد بواسطة الإبهام لعد المواد المدروسة (الشكل 27). ويوجد على غطاء العداد نافذة تُقرأ من خلالها الأرقام ويوجد حلقة يمكن إدخال السبابة داخلها لسهولة حمل واستخدام الجهاز أثناء العد في الغابة.



الشكل 27. عداد وأجزائه الميكانيكية.

الآلات الحاسبة الرقمية Digital calculators:

في الوقت المعاصر يوجد عدّة أنواع من الآلات الحاسبة [38]

1- آلة حاسبة مكتبية أو طاولة.

2- آلات حاسبة الكترونية.

1- الآلات الحاسبة الطاولة: تقوم بإنجاز حجم كبير من العمل بسرعة كبيرة بالمقارنة مع الحساب اليدوي وهي تقوم بالجمع والطرح والضرب والقسمة. وهي عديدة الأنواع وتقوم بعمليات حسابية كثيرة، حيث لوحظ في الوقت الحالي نماذج كثيرة وعديدة جداً لهذه الآلات الحاسبة ولكل منها نظام عمل خاص بها.

2- **الآلات الحاسبة الالكترونيّة:** تتم فيها العمليات الحسابية بشكل أوتوماتيكي وبدقة متناهية وبسرعة كبيرة يؤمن استخدام هذه الآلات بالقيام بحل مسائل رياضية معقّدة مع حسابات كبيرة وهي تستعمل لإنجاز كل الأعمال الرياضيّة والإحصائيّة، ويوجد برامج للحسابات

تُدخل في هذه الآلات تقوم بحل المسائل المطلوبة (بإجراء الحسابات اللازمة) والحصول على النتائج الدقيقة.

البرمجة Programming:

يسمى قسم الرياضيات الحسابية والتقنية الحسابية المرتبط مع استثمار الآلات الحاسبة بإدارة برمجية مؤتمتة تدرس نظم الإدارة، أساليب تشكيلها وإعادة صياغتها وإدخال البرامج في الكمبيوتر. يوجه البرنامج كل خطوة في المسألة الحسابية وهو يكون عام لكل أنواع الكمبيوترات حيث يقوم البرنامج بكل العمليات الحسابية في ترتيب محدد.

الفصل الثالث

أساليب القياس "طرق القياس" Measuring methods

3-1 الأساليب الفيزيائية للقياس Physical Methods:

يستخدم أسلوبين فيزيائيين للتحديد الدقيق جداً لحجم كتلة خشبية: الأسلوب الكسيلومتري، والأسلوب الوزني.

يعتمد **الأسلوب الكسيلومتري** Xelometer method على قانون فيزيائي معلوم: أن الجسم المغموس أو المغطس في سائل يزيح من حجم السائل ما يعادل حجمه.

أما **الأسلوب الوزني** فيستند إلى قانون فيزيائي آخر: الجسم المغطس في سائل يفقد من الوزن ما يعادل وزن الماء المزاح من قبله.

1- الجهاز الذي يستخدم لقياس حجم الكتلة الخشبية بالأسلوب الأول يسمى كسيلومتر.

أ- **الكسيلومتر بمستوى ماء متغير** Mutable water level xelometer:

هو عبارة عن اسطوانة معدنية بقطر 50 سم على الأغلب وطول حوالي 2م (الشكل 28). يمتلك من الجانب صنبور والذي تعلق عليه أنبوبة زجاجية. توضع خلف الأنبوبة تدريجة وهي أي (التدريجة أو المسطرة) يمكن أن تكون متحركة وغير متحركة.

يعبأ الكسيلومتر بالماء حتى المستوى الذي يتطابق مع التدريجة صفر على المسطرة. بعد جمع صفر المسطرة مع مستوى الماء في الأنبوبة تغطس قطعة من الخشب في الماء بحيث لا تطفو على وجه الماء وذلك بدفعها بطوق أو حلقة شبكية معدنية. هذه الحلقة مزودة بمحور مثبت في أعلى الكسيلومتر.

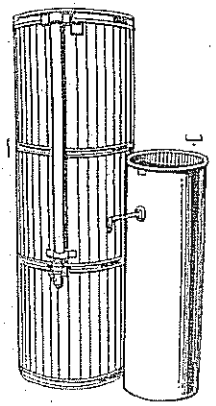
عند تغطيس قطعة الخشب يرتفع مستوى الماء، التدريجة على المسطرة التي تطابق هذا المستوى تشكل حجم قطعة الخشب حسب وحدات الحجم المعتمدة للكسيلومتر.

يجب أن يتم الحساب قدر الإمكان بأسرع ما يمكن، حتى لا يتمكن جزء من الماء أن يتسرب إلى الخشب المغموس.

ب- **الكسيلومتر بمستوى ماء محدد** Static water level xelometer:

يوجد عليه صنبور أيضاً على ارتفاع محدد. عند استخدام مثل هذا الكسيلومتر يملأ بالماء حتى مستوى الصنبور ويغطس فيه قطعة من الخشب. حسب كمية الماء التي تنساب في هذه الحالة من خلال الصنبور يحدد حجم القطعة المغمورة.

في الولايات المتحدة الأمريكية صمم البروفيسور يانغ كسيلومتر أفقي بمقياس cm 610×70×70 حيث سمح هذا الكسيلومتر بإيجاد الحجوم الدقيقة للجذوع الخشبية.



الشكل 28. الكسيلومتر بمستوى ماء متغير (من اليسار -أ-)، الكسيلومتر بمستوى ماء ثابت (من اليمين -ب-).

2- يسمى الجهاز الذي يستخدم لتحديد حجم كتلة خشبية بالطريقة الوزنية **بالميزان الهيدروستاتيكي** (الشكل 29).

مبدأ عمل الميزان:

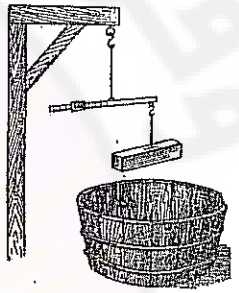
توزن قطعة الخشب في البداية في الهواء ومن ثم في الماء. قبل التغطيس في الماء يربط إلى قطعة الخشب حامل معدني الذي يوزن بشكل مستقل في الهواء والماء.

يشكل الفرق في الكتلة في الهواء والماء لنفس قطعة الخشب بدون الفقد في وزن الحامل المعدني كتلة الماء المزاح من قبل الخشب.

حسب كتلة الماء يمكن إيجاد حجمه، الذي يتوافق في هذه الحالة مع حجم قطعة الخشب المدروسة.

إذا قسمنا كتلة قطعة الخشب w على حجمها v فالنتيجة تشكل كثافة الخشب (ملوءة الخشب)، التي تصف العلاقة بين كتلة الخشب وكتلة الماء المأخوذة بحجوم واحدة.

$O = \frac{w}{v}$ كثافة (ملوءة) الخشب



الشكل 29. الميزان الهيدروستاتيكي.

بتقسيم كتلة قطعة الخشب على كثافتها نحصل على **حجم الخشب الموزون:**

$$V = \frac{w}{o}$$

عند تحديد حجم الخشب بهذا الأسلوب لابد من الأخذ بعين الاعتبار أن كثافة الأنواع الخشبية تكون مختلفة. بالإضافة إلى انه يؤثر على قيمتها بشكل محسوس رطوبة الخشب: فبمقدار زيادة الرطوبة تزداد الكثافة.

إذا كانت كتلة قطعة من الشجرة مقدرة بالأطنان، فإن حجمها يكون بالأمتار المكعبة. يوزن الخشب على موازين عشرية.

السؤال عن كثافة خشب الأنواع الرئيسية في بلادنا لا يزال غير مدروس ولابد من دراسته ليتسنى لنا وضع جداول عامة عن كتلة متر مكعب متراص من الخشب تبعاً لنوع الخشب وتبعاً لقيمة رطوبة محددة، كالجدول التالي الناتج عن أبحاث عديدة في مجموعة الدول المستقلة (روسيا).

الجدول (1) كتلة 1 م^3 ممتلئ للخشب حسب المواصفات المعيارية لمجموعة الدول المستقلة.

كتلة 1م^3 خشب سليم ممتلئ			
النوع	بالكغ، عند الرطوبة، ٪		٪ إلى كتلة خشب الصنوبر
	25	30	
الشرد	820	970	156
السنديان، القيقب، الدردار	730	860	139
اللاركس	790	820	133
الزان	680	800	130
البتولا	670	790	128
الأولم	670	790	128
الحور الرومي	540	650	103
الصنوبر	525	625	100
الحور المرتجف، التيليا	500	600	95
التنوب	470	560	90
الشوح السيبيري	460	550	88

حسب كتلة الخشب المدونة في الجدول يمكن تحديد حجمه في الأمتار المكعبة المتراصة. لنفرض أن الكتلة العامة لخشب الشرد برطوبة 30٪ تشكل 425،2 طن، نلاحظ من الجدول أن كتلة 1 متر مكعب متراص من خشب الشرد برطوبة 30٪ تساوي 970 كغ أو 0،970 طن. بوضع القيم الخاصة في المعادلة المدونة أعلاه نجد أن:

$$V = \frac{w}{o} = \frac{2،425}{0،970} = 2،5m^3$$

من الجدول واضح بأنه تبعاً لرطوبة الخشب تتغير كتلته بشكل محسوس.

3-2- الأساليب الهندسية للقياس Geometrical Methods:

3-2-1- شكل المقاطع العرضية للسوق الخشبية:

تتكون الشجرة من: الجذور، الساق، الفروع التي تكون التاج. الساق هو أقيم جزء في الشجرة والذي يشكل 60-85٪ من حجم الشجرة، لذلك فتحديد حجم الساق يشكل واحدة من اهم مسائل القياسات الغابية.

الساق الخشبية كما بقية أجزائه يملك تشابهاً محدداً مع الأجسام الهندسية. لذلك عند تحديد حجوم الأشجار النامية والمقطوعة أو أجزاء الساق يمكن استخدام قوانين وقواعد الهندسة الفراغية.

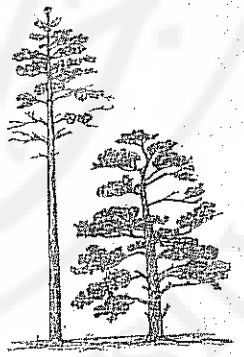
إن شكل السوق الخشبية متنوع بشكل كبير جداً، إن السوق عند الأشجار النامية في الغابة تكون ذات شكل أكثر صحة من الأشجار النامية بشكل منفرد– عادة غير صحيح، يكون التاج نامي بشكل قوي (الشكل 30).

تسمى المقاطع العرضية للسوق الخشبية كما هو معروف بالمقاطع العرضية التي تماثل في شكلها الدائرة أو الإهليلج (القطع الناقص).

أظهرت البحوث بان الأقطار عند الأنواع المخروطية المتعامدة مع بعضها بعضاً في الثلث السفلي للساق تختلف فيما بينها بالمتوسط بـ 7،3٪ أما في الجزء الوسطي للساق بـ 1،3٪.

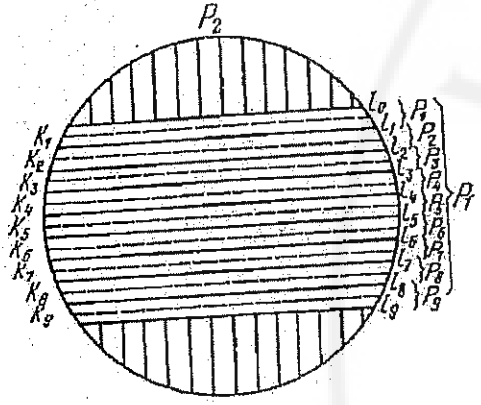
درس العالمان أوستروڤ ودبرالياڤسكي شكل المقاطع العرضية للسوق الخشبية بالتفصيل.

حيث درس الأول شكل المقاطع العرضية (مع اللحاء) الواقعة على ارتفاع 3،1 م من قاعدة الساق عند 27 شجرة تنّوب، 13 صنوبر و10 لاركس، نقل الرسم المحيطي للمقاطع إلى الورق الميليمتري وحسبت مساحتها بالأسلوب الهندسي.



الشكل 30. شكل ومقاييس الأشجار التي تنمو في الغابة (في اليسار) وفي مكان مفتوح (في اليمين).

يوضح (الشكل 31) الرسم المحيطي العرضي للساق المقسم إلى قطاعات بخطوط عرضية. يجزأ كل قطاع بدوره إلى أشرطة بعرض 2 سم، يمرر في وسط كل شريط خط منقط يرمز له بحرف k مع المؤشر المناسب.



الشكل 31. رسم تخطيطي للمقطع العرضي للساق.

تحدد مساحات الأشرطة p وفق معادلة سيمبسون المستخدمة في الرياضيات عند الحل التقريبي للتكاملات:

$$P_1 = (L_0 + 4K_1 + L_1).\frac{2}{6} \qquad (2)$$

$$P_2 = (L_1 + 4K_2 + L_2).\frac{2}{6} \qquad (3)$$

$$P_n = (L_{n-1} + 4K_n + L_n).\frac{2}{6} \qquad (4)$$

مساحة كل القطاع P_1 تساوي مجموع مساحة الأشرطة:

$$P_1 = \{L_0 + L_n + 2(L_1 + L_2 + \cdots + L_{n-1}) + 4(K_1 + K_2 + \cdots + K_n)\}\frac{2}{6} \qquad (5)$$

مساحة المقطع العرضي للساق ستساوي مجموع مساحة ثلاث قطاعات وأربع مثلثات:

$$P_a = P_1 + P_2 + P_4 + 4\Delta \qquad (6)$$

كانت قد قيست عند الأشجار المدروسة بدقة حتى آمم القطر الأكبر a والأصغر b والقطرين المتعامدين على بعض b_1،a_1، حسب هذه الأقطار كانت قد حسبت مساحات المقاطع العرضية للسوق المقاسة. مساحات المقاطع العرضية الموجودة حسب المعادلة (6) تؤخذ

كحقيقية، أما انحراف مساحات المقاطع المحسوبة حسب معادلات الدائرة والإهليلج (الجدول 2) يعبر عنها بالنسبة المئوية:

جدول (2) انحراف مساحات المقاطع العرضية المحسوبة حسب معادلات القطع الناقص والدائرة عن الحقيقية.

طبيعة الانحراف	الانحرافات ٪ للمساحات المحسوبة وفق الصيغ			
	$\frac{\pi ab}{4}$	$\frac{\pi}{4}\left(\frac{a+b}{2}\right)^2$	$\frac{\pi a_1 b_1}{4}$	$\frac{\pi}{4}\left(\frac{a_1+b_1}{2}\right)$
	التنوب			
المتوسط الحسابي	+ 81،0	+ 94،0	+ 04،1	+ 07،1
	الصنوبر			
المتوسط الحسابي	+ 77،1	+ 93،1	+ 66،2	+ 71،2
	اللاركس			
المتوسط الحسابي	+ 45،3	+ 55،3	+ 23،5	+ 25،5

على أساس معطيات الجدول (2) يمكن الاستنتاج أن أشكال المقاطع العرضية للأنواع الخشبية مع اللحاء لا تمثل الأشكال الهندسية الصحيحة، ولكن فقط تقترب منها، معادلات الإهليلج والدائرة تبالغ في مساحة المقاطع العرضية للسوق. أكبر مبالغة أو زيادة (45،3–25،5٪) تظهر عند اللاركس، يشغل الصنوبر الحالة الوسطى (77،1–71،2٪) أقل مبالغة (زيادة) أعطاه التنوب (81،0–07،1٪). تعطي معادلات الإهليلج والدائرة نتائج تقريبية.

تدل نتائج الأبحاث على ان أكثر المساحات اقتراباً إلى مساحة المقطع الحقيقية تلك المحسوبة حسب معادلة القطع الناقص (الإهليلج) المحددة وفق أكبر وأصغر قطر. الأقل دقة نحصل عليها من نتائج الحساب عند تحديد المساحة وفق القطرين المتعامدين على بعض. أكثر تقريب لمساحات القطوع الناقصة يلاحظ في الأجزاء الوسطى والعليا للسوق. تعطي معادلة القطع الناقص قيمة زائدة لمساحة المقطع مع اللحاء في الجزء السفلي للساق وهذا يفسر بتصدع وعدم مساواة اللحاء في هذا الجزء من الساق.

المقاطع العرضية لسوق الصنوبر بدون لحاء في كل أجزاء الساق قريبة إلى مساحات القطوع الناقصة.

تظهر نتائج البحوث بأنه عند تحديد المقاطع العرضية للجزء السفلي للساق حسب معادلة الدائرة والإهليلج خطأ الحساب يزداد مع زيادة سماكة اللحاء.

عند الأشجار ذات اللحاء الرقيق هذه الزيادة تساوي في المتوسط 1٪ وعند ذات اللحاء السميك 2–3٪ وعند ذات اللحاء السميك جداً 4–5٪.

في عملي القياسات الواسعة الأخطاء، التي لا تتجاوز المدونة أعلاه تعتبر حتمية، لذلك مساحات المقاطع العرضية التي توجد وفق معادلة الدائرة تؤمن دقة حتى 3٪.

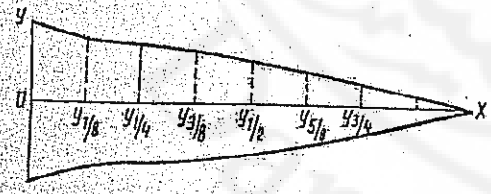
مساحات الدوائر بالمقارنة مع القطوع الناقصة تعطي زيادة غير محسوسة. عند مساواة a،b تتساوى مساحات الإهليلج والدائرة، بمقدار ما يزداد الفرق بين مقدار a،b يزداد الفرق أيضاً في المساحات.

3-2-2- شكل المقاطع الطولية للسوق الخشبية Wood log profiles:

إذا قطعنا الساق الخشبية بمستوي عمودي في الوسط، فإننا نحصل في المقطع على شكل محدود بمنحني بياني يتوضع بشكل متماثل بالنسبة للمحور العمودي (الشكل 32). في هذه الحالة يمكن أن نتطلع إلى الساق الخشبية كجسم دوار يمكن تحديده بمنحني معين. بمعرفة معادلة هذا المنحني يمكن تحديد حجم الساق.

أظهرت أبحاث كثيرة بأن هذه المنحنيات غير صحيحة وغير ثابتة. ولم يجدوا حتى الآن معادلة تحدد بشكل دقيق طبيعة هذه المنحنيات.

إن غياب المعادلة العامة لسطح الساق تجبرنا على التحديد بأسلوب الحسابات التقريبية. ودرجة الدقة هنا يمكن أن تكون عالية جداً وهي تتعلق بخطأ القياسات المستخدمة كأساس عند حساب الحجوم.

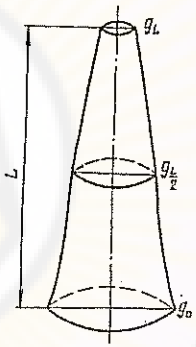


الشكل 32. المقطع الطولي للساق الخشبية.

لا تتجاوز الأخطاء الممكن وقوعها في تحديد حجم الساق المتخذ كجسم دائر المسموح بها عند تقدير الأخطاء (قياسها).

إذا اعتبرنا أن الساق جسم دوار (دائري) فيمكن بشكل كبير تسهيل مسألة تحديد حجمه. في هذه الحالة السؤال سوف يكون محلولاً ليس بمساعدة الهندسة الفراغية في الفراغ وإنما بوساطة الهندسة الفراغية على سطح مستوي وبدل دراسة سطح الساق سيدرس مرتسم الساق.

أظهرت أبحاث كثيرة بأن مرتسم الساق الخشبية – منحني معقد كثيراً جداً ولا يمكن تمثيل كامل المساحة بمنحني تحليلي واحد. بل يجب التطلع إلى الساق كمجموع لمنحنيات مختلفة، لذلك الساق الخشبية قريبة إلى الجسم المكون من أجسام دائرة مختلفة مخروطية (مختلفة الشكل). (الشكل 33).



الشكل 33. الساق كجسم دائر.

يملك المرتسم في الجزء السفلي من الساق شكل مقعر، أما على أغلب امتداد الساق فهو محدب، وفقط على مسافات قصيرة نسبياً يقترب إلى المستقيم، (الشكل 34).

توصف قطع مرتسم الساق بدرجة عالية من الدقة بالمعادلة:

$$y^a = C\,X^b \qquad (7)$$

حيث:

y: نصف قطر المقطع العرضي للساق.

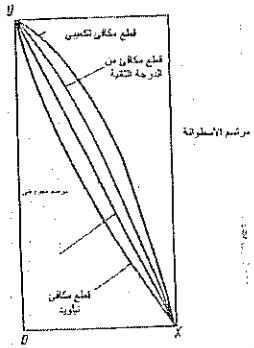
C: معامل ثابت.

X: مسافة هذا المقطع عن قمة المنحني.

تصف هذه المعادلة مجموعة واسعة من المنحنيات التي تسمى في الهندسة التحليلية بالقطوع المكافئة (الشكل 34). في عداد هذه القطوع أكثرها انتشاراً القطع المكافئ من الدرجة الثانية:

$$y^2 = CX \qquad (8)$$

تمر كل المنحنيات من هذا النوع عبر بداية محور العينات والذي تقع فيه قمة المنحني.



الشكل 34. مرتسمات الأجسام الدوارة.

يمكن الحكم على طبيعة المنحني حسب نسبة أو علاقة درجات المؤشرات للجزء اليساري واليميني للمعادلة فإذا كانت a>b ⟸ المنحني يبدو محدباً، وإذا كانت a<b يكون مقعراً.

عند تدوير المنحنيات ذات الشكل: $y^a = cx^b$ حول محور السينات نحصل على قطوع مكافئة دائرة ذات ترتيب مختلف. توصف المنحنيات المكونة للقطوع المكافئة بالمعادلة:

$$y^2 = Ax^m \qquad (9)$$

حيث:

A: بارامتر يحدد مقياس المنحني البياني.

m: مؤشر الدرجة الذي يصف شكل المنحني.

تعتمد أساليب تحديد حجم الساق على مرتسم الساق المتخذ الذي يوصف بالمعادلة:

$$y^2 = Ax^m$$

يتغير مؤشر المرتبة m عند الأنواع الخشبية المستقلة في ظروف النمو المختلفة وفي الأجزاء المختلفة للساق من 0 حتى 3. تبعاً لقيمة m تأخذ المعادلات الشكل التالي:

$y^2 = A$ عند $m = 0$ (10)

$y^2 = Ax$ عند $m = 1$ (11)

$y^2 = Ax^2$ عند $m = 2$ (12)

$y^2 = Ax^3$ عند $m = 3$ (13)

في الحالة الأولى (المعادلة 10): هذه معادلة مستقيم موازي لمحور السينات. عند تدويره حول محور السينات تتشكل أسطوانة.

في الحالة الثانية (المعادلة 11): هي معادلة قطع مكافئ من الدرجة الثانية. الجسم الدائر الحاصل في هذه الحالة يسمى قطع مكافئ من الدرجة الثانية.

في الحالة الثالثة (معادلة 12): مستقيمين متقاطعين. عند تدويرهما يتكون مخروط مستقيم الحافة طبيعي.

في الحالة الأخيرة (المعادلة 13): هي معادلة تحمل اسم معادلة قطع نيلويد (قطع مكافئ منقوص).

تقترب الأجزاء المستقلة للساق إلى هذه الأشكال الهندسية الأربعة: السفلية – إلى قطع نيلويد (قطع مكافئ ناقص)، المتوسطة (قطع صغيرة منفصلة)- إلى الأسطوانة، القمية – إلى المخروط، أما الجزء الأكبر- إلى قطع مكافئ من الدرجة الثانية.

استخدم العالم الروسي مندلييف معادلة القطع المكافئ المخروطي لتحديد حجوم السوق والتي تصف مرتسم الساق الخشبية. تمتلك معادلة القطع المكافئ المخروطي الشكل التالي (Jairoudyel A. 1990):

$$y=a+bx+cx^2+dx^3 \qquad (14)$$

حيث:

y: أنصاف الأقطار للساق على ارتفاع مختلف.

x: المسافة من قاعدة الساق حتى مكان قياس أنصاف الأقطار.

d،c،b،a: معاملات محددة ثابتة.

إذا كنا قد قسنا على الساق الخشبية مجموعة أنصاف الأقطار y، التي تقع على مسافات مختلفة من قاعدة الساق الملامسة للأرض وعبرنا عن أنصاف الأقطار بأرقام نسبية بالمقارنة مع

نصف القطر عند قاعدة الساق الملامسة للأرض، فإننا في نهاية الحساب بحلنا لجملة المعادلات يمكننا الحصول على القيم المعلومة لـ d)،c،b،a أي بمعنى المعاملات الثابتة المحددة للنوع الخشبي. والتي بوضعها في المعادلة نحصل على المعادلة الدقيقة التي تصف المنحني البياني للساق الخشبية. بهذه المعادلة يمكن تحديد أقطار الساق على المقاطع الفاصلة والتي لم يجري قياسها بشكل مباشر.

3-3 المعادلات التقريبية لتحديد حجوم السوق الخشبية وأجزائها

Approximate log (stem) and buck Volume Determination equations:

حسب الأقطار في مقاطع مختلفة والمحددة وفق المعادلات التي وردت يمكن أن نجد مساحات المقاطع العرضية للسوق الخشبية حسب المعادلة التالية:

$$g=A+Bx+cx^2+Dx^3 \qquad (15)$$

حيث:

g: مساحة المقطع العرضي للساق.

x: المسافة من مكان التقاء الساق مع الأرض حتى المقطع المدروس.

D،C،B،A: معاملات ثابتة محددة.

بتحديد مساحات المقاطع العرضية للسوق، من السهل إيجاد حجم الساق أو أجزائه V. هذا الحجم يمكن التطلع إليه كمجموع مقاطع عرضية رفيعة إلى ما لانهاية تملك الارتفاع dx ومساحة قاعدية g.

تبعاً لذلك:

$$V = \int_0^x g\,dx \qquad (16)$$

نضع بدل g قيمتها من المعادلة (15) فنجد:

$$V = \int_0^x (A + Bx + Cx^2 + Dx^3)\,dx$$

التشكيل الأول لـ Xn سيكون التابع $\frac{x^{n+1}}{n+1}$ عندئذ

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} + \frac{Cx^3}{3} + \frac{Dx^3}{4} \qquad (17)$$

لتحديد حجم الساق أو أجزائه يمكن في البداية التحديد بعنصرين للمعادلة التكاملية. في هذه الحالة:

$$g = A + Bx \qquad (18)$$

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} \qquad (19)$$

لإيجاد المعاملات A،B نأخذ مقطعين معلومين: g_o- عند قاعدة الساق، g_L- على المسافة L من قاعدة الساق ونضع معادلتين تحددان مساحات هذين المقطعين:

$$g_0 = A + Bx_0 \quad ، \quad g_L = A + Bx_L$$

في هذه المعادلات $X_o = 0$ ، $X_L = L$ لذلك يمكن أن نكتب:

$$g_0 = A \quad ، \quad g_L = A + B_L$$

بحل آخر معادلة نجد أن: $B = \frac{g_L - A}{L} = \frac{g_L - g_0}{L}$

نضع في المعادلة (19) مكان A،B القيم المحسوبة لهذه المعاملات ومكان x القيمة المساوية له فنحصل على:

$$V = g_0 L + \frac{g_L - g_0}{2} L = \frac{2g_0 L + gL - g_0 L}{2} = \frac{g_0 + g_L}{2} L \qquad (20)$$

تسمى هذه المعادلة في علم القياسات الغابية بمعادلة سماليانا البسيطة.

نأخذ واحدة من المقاطع العرضية على منتصف الساق بالكامل أو على منتصف أحد أجزائه والثانية في النهاية الرفيعة. مكان توضع أول مقطع يحدد بالمقدار L/2 أما الثاني على المسافة L من قاعدة الساق. نرمز لأول مقطع من خلال gL/2 والثاني بـــ g عندها يمكن أن نكتب:

$$g_{\frac{L}{2}} = A + \frac{BL}{2} \ (1) \quad و \quad g_L = A + BL \ (2)$$

نضاعف طرفي المعادلة الأولى فنحصل على:

$$2g_{\frac{L}{2}} = 2A + BL$$

نطرح المعادلة الثانية من الأولى:

$$\begin{array}{r} 2g_{\frac{L}{2}} = 2A + BL \\ -\ g_L = A + BL \\ \hline 2g_{\frac{L}{2}} - g_L = A \end{array}$$

بتبديل المقدار A الحاصل $(2g_{\frac{L}{2}} - g_L)$ في المعادلة الثانية نجد:

$$B = \frac{2\left(g_L - g_{\frac{L}{2}}\right)}{L}$$

نضع القيم الناتجة لـــ A،B بالمعادلة الأساسية (19):

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} = \left(2g_{L_{1/2}} - g_L\right)x + \frac{2(g_L - g_{L/2})x^2}{2L}$$

نبدل x بـــ L فنحصل على:

$$V = (2g_{L/2} - g_L)L + (g_L - g_{L/2})L = (2g_{L/2} - g_L + g_L - g_{L/2})L = g_{L/2}L$$

نرمز للمساحة القاعدية في منتصف الساق أو أحد أجزائه بالحرف اللاتيني غاما:

$$\gamma = g_{\frac{L}{2}}$$

حينئذ تأخذ المعادلة الشكل التالي:

$$V = \gamma . L \qquad (21)$$

هذه المعادلة – أساسية في القياسات الغابية وهي تسمى معادلة المقطع الوسطي أو معادلة حجم الأسطوانات أو معادلة كوبير البسيطة نسبة إلى العالم الألماني الذي استخدمها أول مرة.

لكي نستنتج المعادلة التالية، نأخذ أول مقطع عرضي على مسافة $\frac{1}{3}$ ارتفاع الساق من الناحية العريضة، أما المقطع الثاني – في النهاية العليا للساق أو احد أجزائه.

نرمز للمقطع الأول بـــ $g_{\frac{L}{3}}$ ، وللثاني بـــ g، نضع A وB الناتجة من المعادلة الأساسية (19) ونبدل X بـــ L فنجد أن:

$$V = \left(\frac{3g_{\frac{L}{3}} - g_L}{2} + \frac{3g_L - 3g_{\frac{L}{3}}}{2 \times 2}\right)L = \frac{6g_{\frac{L}{3}} + g_L - 3g_{\frac{L}{3}}}{4}L = \frac{3g_{\frac{L}{3}} + g_L}{4}L \qquad (22)$$

تسمى هذه المعادلة بمعادلة كوسفيلد.

تأخذ هذه المعادلة الشكل التالي عند الحساب للسوق كاملة، والتي لديها مساحة المقطع العرضي في النهاية العليا تساوي الصفر.

$$V = \frac{3g_{\frac{L}{3}}}{4}L = 0{،}75g_{\frac{L}{3}}L \qquad (23)$$

للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن أخذ ثلاثة عناصر تحت معادلة التكامل. في هذه الحالة:

$$g = A + B_x + Cx^2$$

أما حجم الساق أو أجزائه:

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} + \frac{Cx^3}{3}$$

لإيجاد المعاملات A،B،C نشكل ثلاث معادلات تحدد مساحات المقاطع العرضية في النهاية الجذعية (العريضة)، في الوسط وفي النهاية العليا للساق أو أجزائه:

$$g_0 = A + Bx_0 + Cx_0^2 \quad ، \quad g_{L/2} = A + \frac{Bl}{2} + \frac{Cl^2}{4} \quad ، \quad g_L = A + Bl + Cl^2$$

من هنا $x_0 = 0$ نبدل A بـــ g_0 فنحصل على: $g_0 = A$

$$g_{\frac{L}{2}} = g_0 + \frac{Bl}{2} + \frac{Cl^2}{4} \quad ، \quad g_L = g_0 + BL + CL^2$$

نضرب طرفي المعادلة الأولى بـــ 4:

$$4g_{L/2} = 4g_0 + 2BL + CL^2$$

نطرح من المعادلة الأولى المعادلة الثانية:

$$4g_{L/2} = 4g_0 + 2BL + CL^2$$
$$\underline{-\ g_L = g_0 + BL + CL^2}$$
$$Bl = -gL + 4g_{L/2} - 3g_0$$

نبدل قيمة BL في المعادل الثانية فنحصل على (CL^2):

$$CL^2 = 2gL - 4g_{L/2} + 2g_0$$

يحدد حجم الساق أو أحد أجزائه حسب معادلة التكامل بثلاثة عناصر:

$$V = Ax + \frac{Bx^2}{2} + \frac{Cx^3}{3}$$

نضع مكان x حرف L فتصبح المعادلة:

$$V = AL + \frac{Bl^2}{2} + \frac{Cl^3}{3} = \left(A + \frac{Bl}{2} + \frac{Cl^2}{3}\right)L$$

نستبدل في مكان A، B،C المقادير المعادلة في معادلة الحجم فنجد أن:

$$V = \left(g_0 + \frac{-gL+4g_{L/2}-3g_0}{2} + \frac{2gL-4g_{L/2}+2g_0}{3}\right)L$$

$$V = \left(6g_0 - 3gL + 12g_{\frac{L}{2}} - 9g_0 + 4g_L - 8g_{\frac{L}{2}} + 4g_0\right)\frac{L}{6} = (g_0 + 4g_{L/2} + gL)\frac{L}{6} \quad (24)$$

نرمز للمساحة القاعدية في منتصف الطول بـــ $g_{\frac{L}{2}}$ فنحصل:

$$V = (g_0 + 4g_{\frac{L}{2}} + g_L)\frac{L}{6} \quad (25)$$

هذه المعادلة صالحة لتحديد حجم كل الأجسام الدائرية: الاسطوانة، القطع المكافئ، المخروط، وقطع نيلويد.

تسمى هذه المعادلة في الرياضيات بمعادلة نيوتن. في القياسات الغابية أول من استخدم هذه المعادلة العالم الألماني ريكيه لذا نسميها بالمعادلة البسيطة لنيوتن – ريكيه.

نفترض أن المقاطع العرضية في نقاط أخرى، يمكن استنتاج معادلات أخرى تحدد حجم الساق أو أجزائه، عدا ذلك هناك مجموعة من المعادلات التجريبية غير أنها نادراً ما تستعمل في عملي القياسات الغابية.

عند استخدام المعادلات البسيطة التي درسناها لتحديد حجم الساق أو أجزائه التي تشبه بالجسم الهندسي الحقيقي، في هذه الحالة بالقطع المكافئ، أخذت معادلة القطع المكافئ المخروطي لمرتسم الساق الخشبية. للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن تقسيم الساق الخشبية إلى قطع أصغر وإيجاد حجم كل منها حسب المعادلات الواردة. تشكل مجموع الحجوم الموجدة حجم الساق أو أجزائه.

عدا المعادلات المدروسة سابقاً يوجد في القياسات الغابية سلسلة من المعادلات الهندسية الأخرى، حيث تشكل معادلة سيموني واحدة من أفضلها:

$$V = \frac{L}{3}(2g_{1/4L} - g_{1/2L} + 2g_{3/4L}) \quad (26)$$

لاستخدام هذه المعادلة لابد من قياس الأقطار في المقاطع وسط الساق وربعه الأول والأخير.

يمكن أيضاً إيجاد حجم الساق أو أجزائه بثلاث مقاطع متوسطة حسب المعادلات:

$$V = \frac{L}{3}(g_{1/6L} + g_{1/2L} + g_{5/6L})$$

و

$$V = \frac{L}{8}(3g_{1/6L} + 2g_{1/2L} + 3g_{5/6L}) \quad (27)$$

من أجل إيجاد حجم الجزء السفلي للساق تستخدم المعادلة:

$$V = \frac{L}{4}\left(2g_{\frac{1}{6}L} + g_{\frac{1}{6}L} + g_{\frac{5}{6}L}\right) \quad (28)$$

وكذلك عند استخدام مقطعين يقعان على مسافات متساوية يمكن استخدام المعادلة التالية (كاوس سيموني):

$$V = \frac{L}{2}(g_a + g_b) \quad (29)$$

حيث: $a + b = 1$

$$V = \frac{L}{2}\left(g_{0,21} + g_{0,79}\right) \quad (30) \quad ، \quad V = \frac{L}{2}\left(g_{\frac{1}{5}L} + g_{\frac{4}{5}L}\right) \quad (31)$$

هذه المعادلات تسمح بأقل عدد للقياس إيجاد حجم الأشجار الموديل التي تقطع عند تحديد المساحات التجريبية.

لابد من الأخذ بعين الاعتبار بأن المعادلات التي تتطلب تقسيم الساق إلى مقاطع وتحديد مساحات المقاطع العرضية تعطي دائماً أخطاء سلبية. لذلك كلما كان عدد المقاطع أكبر كلما كان الخطأ السلبي أقل.

لنفرض أن الساق الخشبية مقسمة إلى n مقطع بطول L (الشكل 35).

وفق المعادلة (20) للمقطع الوسطي حجم الساق سيكون:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n = (g_0 + g_1)\frac{l}{2} + (g_1 + g_2)\frac{l}{2} + \cdots + (g_{n-1} + g_n)\frac{l}{2}$$

بتشكيل هذه المعادلة نحصل على:

$$V = \left[\frac{g_0+g_n}{2} + (g_1 + g_2 + \cdots + g_{n-1})\right].L \quad (32)$$

تسمى هذه المعادلة بالمعادلة المعقدة لنهايات المقاطع أو المعادلة المعقدة لسماليانا.

إذا تم تحديد حجوم القطع المستقلة حسب المعادلة البسيطة للمقطع الوسطي (21) فإنه عند تقسيم الساق إلى n قطعة (الشكل 36) فالحجم الكلي يساوي:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n = (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \cdots + \gamma_n)L + V_n \quad (33)$$

تسمى هذه المعادلة المعقدة لمنتصفات المقاطع أو المعادلة المعقدة لكوبر.

عند تحديد حجوم القطع المستقلة حسب المعادلة البسيطة لنيوتن- ريكيه: الحجم الكلي للساق يساوي:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n = (g_0 + 4\gamma_1 + g_1)\frac{L}{6} + (g_2 + 4\gamma_2 + g_2) + \frac{L}{6} + \cdots + (g_{n-1} + 4\gamma_n + g_n)\frac{L}{6}$$

بعد التشكيل المناسب تأخذ المعادلة الشكل التالي:

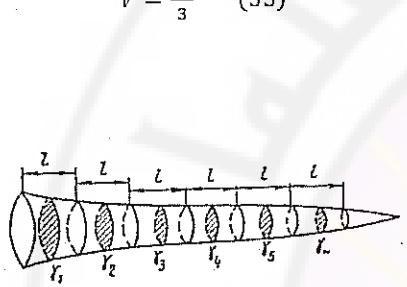
$$V = [g_0 + g_n + 2(g_1 + g_2 + \cdots + g_{n-1}) + 4(\gamma_1 + \gamma_2 + \cdots + \gamma_n)]\frac{L}{6} \quad (34)$$

تسمى هذه المعادلة في الرياضيات بمعادلة سيمبسون والتي تستخدم عادة لإيجاد مساحة القطع المكافئ المحدود.

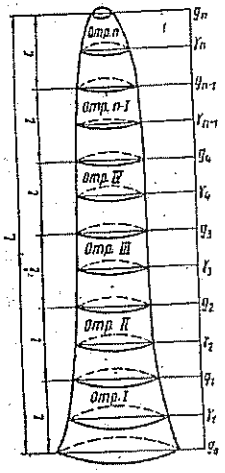
عند حساب الحجم وفق المعادلة (34) من الضروري معرفة الأقطار لكل قطعة في المقطع السفلي والوسطي والعلوي.

عند تقسيم الساق إلى قطع بطول L تبقى القمة بطول h حيث يمكن إيجاد حجمها حسب معادلة حجم المخروط.

$$V = \frac{gh}{3} \quad (35)$$



الشكل 36. تحديد حجم الساق حسب معادلة كوبر المعقدة.



الشكل 35. تحديد حجم الساق حسب معادلة سماليانا المعقدة.

3-4- أخطاء المعادلات الهندسية:

تحدد حجوم السوق وأجزائها وفق كل المعادلات الواردة بشكل تقريبي. عند التقييم العملي لهذه المعادلات يجب معرفة الانحراف أو الخطأ الناجم عن استخدام هذه المعادلات لتحديد حجوم السوق.

تعد الحجوم المحددة بواسطة الأسلوب الاكسيلومتري هي الحقيقية. الحجوم المحسوبة بأساليب أخرى والاختلافات الناتجة يعبر عنها بالنسبة المئوية من الحجوم الموجدة بالأسلوب الاكسيلومتري.

سُجلت نتائج مقارنة الحجوم المحسوبة وفق المعادلات المعقدة والأسلوب الاكسيلومتري في الجدول 3.

الجدول (3) الانحراف في الحجوم المحسوبة حسب المعادلة المعقدة.

المعادلة	انحراف الحجوم العامة ٪			المعادلة	الانحراف العام للحجوم ٪		
	17 ساق بتولا	15 ساق صنوبر	3 سوق سنديان		17 ساق بتولا	15 ساق صنوبر	3 سوق سنديان
كوبير	– 9،0	– 2،1	+ 9،1	سيمبسون	+ 3،0	– 2،0	+ 8،0
سماليانا	+ 8،0	– 3،0	+ 2،0	كوسفيلد	– 3،0	– 6،0	– 6،0

كما هو واضح في الجدول 3 بأن المعادلات الأربعة تعطي نتائج تقريبية. تعطي معادلات سيمبسون وسماليان انحرافاً بإشارة موجبة، تعطي المعادلات الأخرى انحراف سالب الإشارة. زيادة الحجوم الحاصلة حسب معادلات سيمبسون وسماليانا تعود إلى زيادة المساحة القاعدية المحسوبة وفق معادلة الدائرة. بدت الحجوم المحسوبة وفق معادلات كوسفيلد وكوبير ناقصة في التقدير (مصغرة)، هذا التصغير لا يعوض بزيادة مساحات المقاطع الداخلة في هذه المعادلات. من هنا يمكن التوصل إلى نتيجة بأن تصغير أو إنقاص الحجوم يعتبر خاصية هذه المعادلات.

تقع الانحرافات نتيجة حساب الحجوم وفق المعادلات الأربعة في حدود 2٪. من وجهة النظر العملية تعد غير جوهرية وتعد المعادلات الأربعة متساوية القيمة (الأهمية).

حسب أبحاث كورسون F. korson المنفذة في تشيكوسلوفاكيا أخطاء المعادلة المعقدة لكوبير عند طول الأجزاء ذات المترين تتأرجح في حدود من – 53،4 حتى + 13،4٪، إذا كان طول الأجزاء 1 متر وفي كل مقطع تم قياس الأقطار في الاتجاهات الأربعة فإن الخطأ الحدي سوف يتغير من –85،1 حتى +15،1٪.

حصل كورسون على القيمة المتوسطة للأخطاء النظامية والانحرافات التربيعية الوسطى (الجدول 4).

الجدول 4. الأخطاء الوسطى والانحرافات التربيعية في الحجوم.

طول الأجزاء	عدد الأقطار المقاسة	الخطأ الوسطي النظامي ٪	الانحراف التربيعي ٪	طول الجزء م	عدد الأقطار المقاسة	الخطأ الوسطي النظامي ٪	الانحراف التربيعي ٪
2	2	– 19،0	±78،1	1	2	– 06،0	±96،0
2	4	– 51،0	±43،1	1	4	– 22،0	±49،0

اعتبر كورسون أن الحجوم المحسوبة وفق المعادلة المعقدة لسيمبسون هي الحقيقة عند تحديد الأخطاء حسب معادلة كوبير.

تعد معادلة المقاطع الوسطى المقترحة من قبل كوبير أكثر معادلة مريحة (سهلة) من بين كل المعادلات المعقدة ونصح كورسون باستخدامها لأنها تعطي نتائج عالية الدقة في البحوث أو الدراسات الدقيقة جداً.

تحديد حجوم كامل السوق بمساعدة المعادلات البسيطة يعطي نتائج أقل دقة. المعادلات البسيطة لسماليانا وسيمبسون ترفع بشكل منتظم حجوم كامل السوق، يعد السبب في ذلك النموات الجذرية أو القاعدية التي تحسب مساحاتها القاعدية بهذه المعادلات.

كما أظهرت أبحاث فريق عمل قسم القياسات في معهد غابات فارونيج بأن المعادلة البسيطة لسماليانا عند تقييم سوق السنديان تعطي زيادة نظامية في المتوسط 65٪، أما المعادلة البسيطة لسيمبسون 23٪.

حساب حجوم كامل السوق بمساعدة المعادلات البسيطة لكوبير وكوسفيلد أعطت أخطاء في هذا أو ذاك الاتجاه.

يوصف اختلاف حجوم السوق المستقلة بالانحراف التربيعي الوسطي عن الحجم الحقيقي بما يعادل ±12٪.

درس أنوتشين دقة المعادلة البسيطة للمقطع الوسطي عند تقييم أجزاء الساق بطول 5،6 و8 متر وتوصل إلى أن الحجوم المحسوبة لتلك الأجزاء المشار إليها وفق المعادلة البسيطة لكوبير تملك اختلافات (انحرافات) عن الحقيقية تتراوح من – 27 حتى + 18٪.

تُنقّصُ المعادلة البسيطة للمقاطع الوسطى حجوم أجزاء الساق بشكل منتظم في المتوسط بـ 1٪.

حسب أبحاث كورسون الأخطاء التربيعية الوسطى للمعادلة البسيطة لكوبير تتغير من ±5،8 حتى ±7،12٪.

تعطي كل المعادلات المعقدة تقريباً نفس الدقة. تعد معادلة المقطع الوسطي الأبسط من بينها والأكثر استخداماً.

يشير البروفيسور باترون [43] بأن حجم الأجزاء المحسوب وفق معادلة المقطع الوسطي يملك خطأ، يتعلق بموضع الجزء في الساق، بالنسبة للأجزاء الواقعة في الجزء القاعدي

الخطأ يساوي – 9،3 ٪، الأجزاء التي تليها – 8،0 حتى +9،4 ٪ في الجزء القمي +4،0 ٪ حسب رأي البروفيسور باترون patron تعطي معادلة المقطع الوسطي نتائج مرضية لعدد كبير من السوق الكاملة.

يشير البروفيسور باترون في النتيجة النهائية بأن الخطأ يعتبر سلبي للأجزاء القاعدية، وإيجابي للأجزاء المقتطعة من وسط الساق، وتقريباً صفر للأجزاء القمية. وهي تحدد حجوم السوق المنفردة بخطأ ±8٪ وحجم عدد كبير من السوق بخطأ ±2٪.

3-5- أخطاء القياس:

عند قياس أقطار وارتفاعات الأشجار الأخطاء الحتمية تشترط الخطأ في تحديد حجوم الأشجار. لكي يحدد تأثير الخطأ في القياس على دقة تحديد حجوم الأشجار نقوم بمجموعة من الحسابات.

درس البروفيسور الروماني بوبيسكي زيلتين السؤال حول أخطاء قياس الأقطار المتوقعة نتيجة عدم الوضع الصحيح للشوكة القياسية (عندما تكون أيدي الشوكة غير متوازية عند القياس). وأقر بأنه بعد الاستخدام الطويل لاحظ خلل في التعامد بين مسطرة الشوكة القياسية واليد المتحركة. نتيجة ذلك الأقطار المقاسة تبدو أقل من الواقعية (الحقيقية). بهذا الشكل تحصل أخطاء نظامية، وتملك هذه الأخطاء النظامية إشارة سالبة.

عندما تنحرف اليد المتحركة عن الوضع العمودي بـ 3–6 ٪ الخطأ في تحديد المساحة القاعدية وحجم الساق يبدو في حدود من 2،5 حتى 5،10 ٪.

من أجل تحاشي الأخطاء المشار إليها تخضع الشوكات القياسية أثناء استخدامها لتصحيح منتظم. حجم الاسطوانة عند قطر القاعدة D والإرتفاع H يساوي:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H \qquad (36)$$

إذا حصل خطأ عند قياس قطر الأسطوانة مقداره d ± سيكون الحجم الواقعي للأسطوانة يساوي:

$$V_c = \frac{\pi}{4}(D \pm d)^2 H = \frac{\pi}{4} D^2 H \pm 2\frac{\pi}{4} DdH + \frac{\pi}{4} d^2 H$$

نطرح من هذا الحجم حجم الاسطوانة المحدد وفق المعادلة (36) نحصل على مقدار الخطأ في الحجم المشترط بالخطأ عند قياس القطر. مقدار الخطأ في الحجم (SE_v) سيكون:

$$SE_v = \frac{\pi}{4} D^2 H \pm 2\frac{\pi}{4} DdH + \frac{\pi}{4} d^2 H - \frac{\pi}{4} D^2 H = \pm \frac{\pi}{2} DdH + \frac{\pi}{4} d^2 H \qquad (37)$$

العنصر الثاني للمعادلة الناتجة $\left(\frac{\pi}{4} d^2 H\right)$ الذي يحدد الخطأ في الحجم، نتيجة مقداره الضئيل جداً، يمكن أن يستثنى أو يحذف ويكون الخطأ في الحجم يساوي:

$$SE_v = \pm \frac{\pi}{4} DdH \qquad (38)$$

يعبر عن مقدار هذا الخطأ بالمئة من حجم الأسطوانة المحدد وفق المعادلة (36) كما يلي:

$$\frac{\pi}{2} DdH : \frac{\pi}{4} D^2 H = \acute{P}_v : 100 \Rightarrow \acute{P}_v = \frac{400\pi DdH}{2\pi D^2 H} = \frac{200d}{D} \qquad (39)$$

على أساس المعادلة الناتجة بما يتوافق والدقة المطلوبة لتحديد الحجوم يمكن تحديد الانحراف الأعظمي المسموح في قياس القطر. مثال عند قطر 25سم وانحراف في الحجم 4٪ الخطأ في القطر يجب أن لا يتجاوز:

$$\acute{P}_v = 4 = \frac{200d}{25} \qquad ; \qquad d = \frac{4،25}{200} = 0،5cm$$

تسمح نفس المعادلة حسب مقدار الخطأ الممكن في القطر إيجاد الانحراف في الحجم.

إذا كان الخطأ المسموح في قياس الارتفاع H هو ±h، فهذا الخطأ يشترط (يؤدي إلى) الخطأ التالي في الحجم:

$$SE_v = \frac{\pi}{4} D^2 H \pm \frac{\pi}{4} D^2 h - \frac{\pi}{4} D^2 H = \pm \frac{\pi}{4} D^2 h \qquad (40)$$

يشكل هذا الخطأ بالنسبة المئوية:

$$\pm \frac{\pi}{4} D^2 h : \frac{\pi}{4} D^2 H = \acute{\acute{P}}_v : 100 \Rightarrow \acute{\acute{P}}_v = \frac{100h}{H} \qquad (41)$$

باستخدام المعادلة الناتجة وحسب مقدار الخطأ المعطى في الحجم يمكن إيجاد أكبر خطأ مسموح في الارتفاع، يمكن على أساس هذه المعادلة حل أيضاً المسألة المعاكسة أي بمساعدة الخطأ الأكبر في الارتفاع نحدد الخطأ في الحجم.

بمقارنة المعادلتين الناتجتين نتوصل إلى أنه عند نفس دقة القياس النسبية للقطر والارتفاع، عندما d:D=h:H نسبة الخطأ في الحجم ستكون أكبر بمرتين من الخطأ في القطر، مما عند الخطأ في الارتفاع. لنفترض أن الخطأ في القطر معبراً عنه بالنسبة المئوية من مقدار القطر الفعلي يساوي:

$$P_d = \pm \frac{100d}{D} \qquad (42)$$

بمقارنة هذا المقدار مع النسبة المئوية للخطأ في الحجم الناجم عن الخطأ في القطر P_v=200d:D

يمكن استنتاج أن نسبة الخطأ في الحجم تساوي ضعفي نسبة الخطأ في تحديد القطر أي:

$$P_v = 2P_d \qquad (43)$$

إذا كان الخطأ المسموح في القطر d، فإن مساحة الدائرة أو المقطع العرضي للأسطوانة سيكون لها الخطأ التالي:

$$SE_g = \frac{\pi}{4}D^2 \pm 2\frac{\pi}{2}Dd + \frac{\pi}{4}d^2 - \frac{\pi}{4}D^2 = \pm\frac{\pi}{2}Dd \pm \frac{\pi}{4}d^2$$

يعد العنصر الثاني في المعادلة الناتجة مقدار ضئيل جداً لذلك يمكن حذفه والخطأ في مساحة المقطع يساوي:

$$SE_g = \pm\frac{\pi}{2}Dd \qquad (44)$$

يشكل الخطأ بالنسبة المئوية المحسوب بالنسبة إلى مساحة المقطع:

$$\pm\frac{\pi}{2}Dd:\frac{\pi}{4}D^2 = P_g:100 \Rightarrow P_g = \pm\frac{200d}{D} \qquad (45)$$

بالاستناد إلى المعادلة الناتجة يمكن التوصل إلى أن الخطأ في القطر يجر وراءه نفس النسب المئوية في الخطأ في الحجم وفي المساحة القاعدية، نستنتج أن:

$$P_v = P_g = 2P_d \qquad (46)$$

أثبت في نظرية الأخطاء، أن الخطأ النسبي بالنسبة المئوية في حجم الأجسام الهندسية يساوي:

$$P_v = P_g + 2P_d \qquad (47)$$

عند القياسات الكثيرة المقدار الوسطي لهذا الخطأ يحدد وفق المعادلة:

$$P_v = \sqrt{4P_d^2 + P_h^2} \qquad (48)$$

عند القياسات الكبيرة جداً توجد أخطاء ذات مقدار مختلف. عند القياسات المستقلة يمكن أن تبدو الأخطاء ذات إشارات مختلفة. من الواجب علينا تحديد مقدارها الوسطي، يكون من الصعب استنتاجها عندما تعوض الأخطاء في جهة الازدياد بأخطاء في جهة النقصان وفي المحصلة يقترب الخطأ الوسطي إلى الصفر. لذلك يمكن أن نربع أخطاء المقاييس المستقلة، النتائج الحاصلة تجمع ثم تقسم على عدد الأخطاء ويستخرج الجذر التربيعي من النتيجة. بنتيجة كل هذه الأعمال سنحصل على المقدار الوسطي للخطأ الذي يسمى عادة في إحصاء الاحتمالات الخطأ الوسطي التربيعي (الانحراف المعياري). يحدد مقدار الأخطاء التربيعية الوسطى المسموح بها في القياسات المستقلة حسب المعادلة التالية المعلومة في نظرية الأخطاء:

$$S = \pm\sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1}} \qquad (49)$$

حيث:

$\sum X^2$ مجموع مربعات الانحرافات للقياسات المستقلة عن قيمها الوسطية الحسابية.

n عدد المشاهدات.

تستخدم هذه المعادلة عندما عدد المشاهدات n لا يتجاوز 15. عند العدد الكبير للمشاهدات المعادلة التي تحدد الانحراف التربيعي الوسطي (الانحراف المعياري) ستملك الشكل التالي:

$$S = \pm\sqrt{\frac{\sum X^2}{n}}$$

يملك المتوسط الحسابي الناتج على أساس مشاهدات مستقلة بدوره خطأ وسطي (الخطأ المعياري) يحدد بالصيغة التالية وتدل قيمته على مدى تشتت المتوسطات:

$$SE = \frac{\pm S}{\sqrt{n}} \qquad (50)$$

باستخدام هاتين المعادلتين عند القياسات المتكررة بشكل كبير، يمكن تحديد درجة دقة القياسات المستقلة ودقة المقدار الوسطي المحسوب على أساس هذه القياسات.

طبقاً لقواعد إحصاء الاحتمالات عند التوزع الطبيعي للمقادير المدروسة كل 68 حالة من 100 لا تتجاوز أخطاؤها الخطأ التربيعي الوسطي (الخطأ المعياري) و27 حالة تقع في مجال مثلي الانحراف التربيعي الوسطي (الانحراف المعياري) و5 حالات في ثلاثة أمثال الخطأ التربيعي الوسطي (الانحراف المعياري).

عند قياس أقطار الأشجار تقسم إلى صفوف أقطار. توجد في حدود كل صف أقطار تقسيمات أصغر. عدد الأشجار في صفوف الأقطار القريبة من القطر الوسطي للمجموعة الشجرية الداخلة في هذه التقسيمات الصغيرة تقريباً متساوي. في صفوف الأقطار التي تملك قطر أكبر وأصغر من القطر الوسطي للمجموعة الحراجية عدد الأشجار في كل تقسيمة صغيرة غير متساوي. بالنسبة لكل المجموعات الشجرية أيضاً تتوزع كل الأشجار داخل كل صف أقطار على التدريجات الدقيقة حسب القطر بشكل معتدل وسطياً. نستنتج أنه عند تقسيم الأشجار إلى صفوف الأقطار، عدد الأشجار التي قطرها أقل يساوي تقريباً عدد الأشجار التي قطرها أكبر من القطر الوسطي.

لم يلاحظ في تحديد مساحة المقاطع العرضية للأشجار مثل هذه المعادلة (الموازنة) للانحرافات. مساحة المقطع العرضي كما هو معلوم يساوي مربع القطر D^2 مضروب بمعامل ثابت $\frac{\pi}{4}$. عند الأشجار التي تملك أقطار أكبر من نصف الصف، الانحرافات في مساحات المقاطع العرضية سوف لن تعوض بزيادة مساحة المقطع العرضي للأشجار التي تملك أقطار أقل من نصف صف القطر. من هنا يمكن التوصل إلى أن جرد الأشجار حسب صفوف الأقطار يؤدي إلى زيادة منتظمة معينة في مجموع المساحات القاعدية.

الخطأ الأعظمي في تحديد القطر عند تقسيم الأشجار حسب صفوف الأقطار يساوي قيمة نصف الصف. إذا اعتبرنا أن الأشجار تتوزع بشكل متساوي ضمن حدود صفوف الأقطار، الخطأ الوسطي في تحديد القطر سيساوي نصف الخطأ الأعظمي.

لنفرض أننا جردنا الأشجار بالسنتيمترات المزدوجة. نستنتج أن الخطأ الأعظمي في تحديد القطر سيساوي 1سم، أما الخطأ الوسطي فيساوي 0،5سم. عند جرد الأشجار بفاصل 4سم الخطأ الأعظمي يساوي 2سم والوسطي – 1سم. عند قطر السوق الخشبية 20سم الخطأ الوسطي 0،5 و 1سم تشكل بالمقابل 2،5–5٪. مثل هذه الأخطاء تجر وراءها خطأ مضاعف في قياس الحجم. أي في الحالة الأولى 5٪ وفي الحالة الثانية 10٪ ويحدد مقدار الخطأ الوسطي في قياس مجموعات الأشجار حسب المعادلة (50) في مثالنا هي تشكل بالمقابل:

$$SE = \frac{\pm S}{\sqrt{n}} \; ; \; S_E = \frac{\pm 10}{\sqrt{n}}$$

تحديد الحجوم كما نرى مرتبط بشكل حتمي مع الأخطاء لذلك عند حساب الحجوم لابد من تقريب الأرقام حتى عدد محدد من الأرقام العشرية. عند تقييم أشجار مستقلة يحسب عادةً حجمها حتى 0،0001م^3 عند الحساب الكبير جداً، مثل هذه الدقة غير ضرورية ويقرب الحجم في الجداول حتى 0،001م^3. أو حتى 0،01 متر مكعب (في جداول حجوم الجذوع). تقرب كمية الخشب في وحدة المساحة (1هـ) عادةً حتى أمتار مكعبة كاملة. أما عند التقييم بالنظر حتى عشرات الأمتار المكعبة. الأرقام التي تصف احتياطي المساحات الغابية الكبيرة تقرب حتى مئات وحتى ألف متر مكعب.

يجب الإشارة إلى أن الخاصية العامة للأخطاء معروفة من نظرية الأخطاء: تصادف الأخطاء الصغيرة بشكل أكبر من الكبيرة، إمكانية احتمال حدوث الأخطاء ذات الإشارة الموجبة والسالبة واحدة، مع ازدياد عدد المشاهدات يقترب مجموع الأخطاء إلى الصفر.

تقسم الأخطاء إلى نظامية وأخطاء الصدفة. تسمى الأخطاء بالنظامية – الأخطاء التي تملك إشارة واحدة. أما أخطاء الصدفة فتملك الإشارتين أي الموجبة والسالبة.

من أجل توصيف مقدار الأخطاء على الأغلب يحدد الانحراف التربيعي الوسطي (الانحراف المعياري) حسب المعادلة الواردة:

$$S = \pm\sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}$$

يحدد مجموع الانحرافات التربيعية الوسطية (الانحرافات المعيارية) بالمعادلة التالية:

$$\sum S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \ldots + S_n^2} \qquad (51)$$

حيث S_1، S_2، S_3، ... S_n انحرافات تربيعية وسطية ذات حدود مستقلة (أطراف مستقلة أو عناصر). يتم إيجاد فرق (حاصل طرح) الأخطاء التربيعية الوسطية حسب المعادلة:

$$S_r = \pm\sqrt{S_1^2 + S_2^2} \qquad (52)$$

حيث:

S_1 الخطأ التربيعي الوسطي المطروح منه.

S_2 الخطأ التربيعي الوسطي المطروح.

لنفرض أنه عند قياس الأقطار الخطأ المطلق الحاصل SE_d يجر وراءه خطأ SE_g في المساحة القاعدية الذي يحدد بالعلاقة (44).

مجموع المساحات القاعدية لجملة الأشجار ستملك الخطأ المطلق التالي:

$$SE_g = \pm\sqrt{\frac{\pi^2 d_1^2 (S\acute{E}_d)^2}{4} + \frac{\pi^2 d_2^2 (S\acute{\acute{E}}_d)^2}{4} + \square + \frac{\pi^2 d_n^2 (SE_d^n)^2}{4}} \qquad (53)$$

أو:

$$SE_g = \pm\sqrt{\frac{\pi^2}{4}[d_1^2 (S\acute{E}_d)^2 + d_2^2 (S\acute{\acute{E}}_d)^2 + \square + d_n^2 (SE_d^n)^2]} \qquad (54)$$

لنفترض عند قياس أقطار كل الأشجار الخطأ الحاصل واحد ويساوي SE_d عندئذ الخطأ في مجموع مساحات مقاطع كل الأشجار سيكون كما يلي:

$$SE_g = SE_d\sqrt{\pi\left(\frac{\pi}{4}\sum d^2\right)} = SE_d\sqrt{\pi\sum g} \qquad (55)$$

يعبر عن الخطأ في المساحة القاعدية بالمئة على النحو التالي:

$$P_g = \frac{SE_g \cdot 100}{\sum g} = \frac{100SE_d\sqrt{\pi\sum g}}{\sum g} \qquad (56)$$

نستبدل مجموع المساحات المقاطع $\sum g$ بحاصل ضرب مساحة مقطع الشجرة الوسطي g بالعدد الكلي للأشجار N التي تشكل المجموعة الشجرية. عندئذ سيكون لدينا التالي:

$$\sum g = gN = \frac{\pi}{4}D^2N \qquad (57)$$

نضع $(\frac{\pi}{4})D^2N$ مكان $\sum g$ في المعادلة السابقة فنحصل في نهاية الحساب على المعادلة المبسطة التالية:

$$P_g = 100SE_d\sqrt{\frac{\pi dN}{gN}} = \frac{100SE_d\sqrt{\frac{\pi^2D^2N}{4}}}{\frac{\pi D^2N}{4}} = \frac{4\cdot 100SE_d\sqrt{\pi^2D^2N}}{2\pi D^2N} = \frac{200SE_d\pi D\sqrt{N}}{\pi D^2N} = \frac{200SE_d\sqrt{N}}{DN} = \frac{2P_d\sqrt{N}}{N} = \frac{2P_d}{N} \qquad (58)$$

بما يتوافق والمعادلة الناتجة من أجل الحساب التقريبي للخطأ يجب تقسيم ضعف الخطأ في قياس قطر الشجرة الوسطى على الجذر التربيعي لعدد الأشجار الكلي المقاسة.

هذا الحساب النظري لمقدار الأخطاء الوسطى كان قد تعرض للاختبار العملي من قبل ماتفييف وموتين. تم تحديد ثماني مساحات اعتيانية من قبلهم وحسب لكل منها مجموع المساحات القاعدية بتقريب الأقطار حتى ١، 2، 4 و5 سم. بغض النظر عن دقة الفرق في التقريب أو المقدار المختلف للأخطاء المسموحة في قياس أقطار الأشجار المستقلة. تبين أن مجموع المساحات القاعدية متقاربة فيما بينها. الخطأ في مجموع المساحات القاعدية على كل المساحات الثمانية لا يتجاوز + 0،8٪.

يتم الحصول على نتائج مماثلة عند حساب الأخطاء حسب المعادلة (58).

بهذه الصورة يمكن أن نستخلص بأنه عند حساب الأشجار المستقلة من الضروري قياس الأقطار قدر الإمكان بشكل أدق، في الحالة المعاكسة عند حساب حجم الأشجار نحصل على أخطاء محسوسة. عند الحساب الكبير لأقطار الأشجار المستقلة في الغابة نجد أن التقريبات

المسموح بها لا تؤثر بشكل محسوس على النتيجة النهائية لأن الإشارات المختلفة للأخطاء تلغي بعضها البعض (يحصل توازن أو معادلة).

توقف M، Prodan في كتابه (قياس المجموعات الحراجية) بالتفصيل (Messung der waldbes tande) على وضع الأخطاء، وعند تحديد الأقطار ومساحات المقاطع. هو أشار إلى أن هذه الأخطاء تتكون من أخطاء الجرد كما تسمى بأخطاء المراقبة: أخطاء بسبب الشكل غير الصحيح للمقطع العرضي، الأخطاء الحاصلة بسبب التوزع غير المتساوي للأشجار في حدود صفوف الأقطار وأخطاء التقريب.

ترتبط أخطاء الجرد بعيوب الشوكة القياسية. وهي يمكن أن تكون بمقدار مختلف جداً. تنشأ أخطاء المراقبة من الوضع غير الصحيح للشوكة عند الجرد وأخطاء شخصية (قياس شجرة واحدة مرتين أو تجاوزها بدون قياس). عند الجرد والإحصاء الدقيق حسب رأي برودان تصل أخطاء المراقبة إلى 0،3٪ من مساحة المقاطع. تشكل الأخطاء بسبب الشكل غير الصحيح للساق ±5،0٪ من مساحة المقاطع. الأخطاء الناجمة عن التوزع غير المتساوي للأشجار في حدود صف الأقطار تتعلق بطبيعة توزع الأشجار في الصف المعطى وتشكل في أصغر صفوف الأقطار ±1،0–3،0٪. في أكبر صف ±03،0 – 8،0٪ من مساحة مقاطع الأشجار الداخلة في هذا الصف. تتأرجح أخطاء التقريب من −5،1 ٪ حتى +1 ٪.

❋ ❋ ❋

الباب الثاني

قياس المنتجات الغابية

Forest products measurement

الفصل الأول

تقييم (قياس) الأخشاب العملية المدورة

Round timber measurements

1-1- تصنيف المنتجات الغابية Forest products categories:

يصنع من الخشب أشكال مختلفة من المنتجات الغابية تستخدم في كافة فروع الاقتصاد الوطني، وتسمى الأشكال المستقلة من المنتجات الغابية كما هو شائع **بالسرتيمنتات**. يحضر البعض منها بشكل مباشر في الغابة أو في أقرب مستودع غابي (الجذوع البنائية والمدورة كذلك الأخشاب أو القرم الخشبية لتصنيع الخشب المعاكس أو القشرة، الأحطاب). أخشاب أخرى تعتبر منتجات التصنيع الأولي الميكانيكي للخشب (عوارض، ألواح، وعوارض ذات عرض وثخانة أكثر من 10 سم وغيرها).

تسمى السرتيمنتات الغابية التي تستخدم بالشكل الدائري (أعمدة الهاتف، القوائم المنجمية وغيرها) أو نصف مصنعة (معدة) للتصنيع التالي أو التصنيع الكيميائي تسمى **بالأخشاب العملية**. ينسب إلى الأخشاب العملية كل السرتيمنتات عدا الأحطاب المستخدمة للوقود.

يمكن تقسيم السرتيمنتات حسب درجة التصنيع أو الإعداد التي وصلت إليها وطرق الإنتاج إلى الصفوف التالية:

1 – أخشاب عملية مدورة: التي سطحها الجانبي ما يزال يحافظ على شكل الساق الخشبية.

2 – أحطاب: قطع الساق المتبقية بالشكل الدائري أو المتصدع إلى أجزاء.

3 – أخشاب منشورة: ناتجة عن النشر الطولي للأخشاب المدورة.

4 – أخشاب مقطعة: معدة عن طريق تقطيع أجزاء الساق الخشبية (أضلاع البراميل، مزلقة، أشعة للعجلات وغيرها).

5 – السرتيمنتات المعدة عن طريق الكشط (القشرة المكشوطة المستخدمة لتلبيس الموبيليا وغيرها).

6 – الأخشاب الناتجة عن طريق التقشير (قشور ذات أشكال مختلفة).

7 – المنتجات الغابية من الأجزاء الجذرية والقاعدية (الأرومية) للأشجار.

8 – سرتيمنتات مصنعة من لحاء الأخشاب أو قشورها والأنواع الشجيرية (فلين، قطران، لحاء للدباغة وغيرها).

تملك كل هذه الصفوف من السرتيمنتات أدواراً مختلفة في الاقتصاد الوطني.

تشكل صفوف الأخشاب العملية المدورة والمنشورة أكبر كمية من السرتيمنتات، وتدخل الأخشاب التالية في صف السرتيمنتات العملية الدائرية:

أ- التي لا تتطلب شق طولي (جذوع للبناء، جذوع لإنشاء السفن الخشبية، الأوتدة والجسور، أعمدة خطوط الهاتف، قوائم منجمية للصناعات المنجمية الحجرية وصناعة التعدين، السرتيمنتات الصغيرة القياس).

ب- المستخدمة كمادة أولية لتصنيع الأخشاب التي هي بمثابة قطع الساق الخشبية المنظفة من الفروع الجانبية بطول ليس أقل من 3 أمتار على الأغلب وسماكة ≤ 14سم فما فوق وهي تسمى بالجذوع.

ج- المستخدمة كمادة أولية خام لتحضير السرتيمنتات المقطعة (المكسرة) (قرم خشبية لتصنيع أضلاع البراميل، الأطر، المزالق، الأشعة أو البرامق).

د- الذاهبة لتحضير السرتيمنتات المكشوطة على مخارط خاصة (قرم وكتل خشبية، قطع من القرم الخشبية، التي طولها يتوافق مع مقاييس الماكينة (المنشرة) لإنتاج رقائق مكشوطة.

ه- المستخدمة كمادة خام للتقشير (القرم والكتل الخشبية لتصنيع القشرة).

و- المستعملة كمادة خام للصناعة الورقية السللوزية.

ز- المستخدمة كمادة خام لتصنيع المستحضرات الدباغية الكيميائية، للفحم الخشبي، للتصعيد (تكرير، تقطير).

توضع للسرتيمنتات الخشبية تبعاً لمجال استخدام السرتيمنتات متطلبات محددة مرتبطة بقياساتها، بنوعيتها، طبيعة تصنيعها، أساليب حسابها، حفظها وغيرها من المتطلبات.

تُقنَّد أو يعبر عن كل هذه المتطلبات في وثائق أو استمارات خاصة تسمى المقاييس (**المعايير العامة الحكومية**).

تسمى السرتيمنتات التي تتطابق في قياساتها، نوعيتها، تصنيعها وغيرها من المؤشرات مع النموذج الموضوع **بالمعيارية (القياسية)**. بينما تسمى عملية ترتيب مجموعة من المواضيع

المتماثلة، مثل الجذوع الخشبية وتوحيدها بنموذج واحد (قياسي) ووضع المؤشرات النوعية والمتطلبات المقدمة إلى تلك السرتيمنتات بالمعايرة أو النمذجة.

1 –2 تحديد حجوم السوق حسب جداول حجوم الأسطوانات

Log (Saw timber) volume defining according to buck Volume tables (Standers)

لتحديد حجم الجذوع، القرم، والسرتيمنتات العملية الدائرية الأخرى يمكن استخدام المعادلات التي تطرقنا إليها سابقاً لتحديد حجم السوق وأجزائها. كما يمكن تحديد حجم الخشب الدائري بدقة أكبر ولكن ببذل جهد أكبر بالمعادلات المعقدة.

تستخدم المعادلة البسيطة للمقطع الوسطي V= ٪.L بشكل اوسع لحساب حجم الخشب الدائري. لتسهيل العمل تحسب بشكل مسبق حجم الجذوع ذات الأطوال المختلفة تبعاً للقطر الذي يشترط مقدار المقطع العرضي. تدون النتائج التي يتم الحصول عليها في الجدول (5):

جدول (5) : حجم الأخشاب المدورة المحسوب حسب معادلة المقطع المتوسط:

طول السرتيمنت (م)	حجم السرتيمنتات(م^3) عند القطر في المقطع الوسطي(سم)						
	20	21	22	23	24	25	26
4	126،0	138،0	152،0	166،0	181،0	169،0	212،0
5	157،0	173،0	190،0	208،0	226،0	245،0	265،0
6	188،0	208،0	228،0	249،0	271،0	294،0	319،0
7	220،0	242،0	266،0	291،0	317،0	344،0	372،0
8	251،0	273،0	304،0	332،0	362،0	393،0	425،0

تسمى غالباً الجداول من هذا النوع بجداول حجوم الأسطوانات. تدرس جداول حجوم الأسطوانات في شكلها المفتوح، الاقتران المختلف للطول وقطر السرتيمنتات التي توجد في الدلائل الغابية.

1 – 3 جداول حجوم الجذوع وطريقة تشكيلها

Log (Saw timber) volume tables preparation

لتحديد حجم السرتيمنتات الدائرية حسب الجدول (5) لابد من قياس طول السرتيمنت وقطره في منتصف الطول. غير أن قياس القطر في منتصف الطول صعب جداً لأن هذا يحتاج إلى بسط الكومة وتحديد وسط طول الجذع ومن ثم نزع اللحاء في مكان القياس.

في التطبيقي الواسع تستخدم جداول الحجوم التي تتطلب قياسات طول السرتيمنتات والأقطار في النهاية الرفيعة – في المقطع العلوي (الجدول 6).

تملك هذه الجداول مجموعة ميزات: تتلخص الميزة الأساسية منها في انه لقياس الأقطار في نهاية الجذوع لاتوجد حاجة لبسط الكومة ونزع اللحاء على الجزء المقيم من الجذع. عند كل الحسابات اللاحقة المرتبطة بنشر الجذع إلى ألواح أو استخدام الجذوع بالشكل الدائري يستعمل قطر الجذع في النهاية العلوية.

تشكل الجداول التي تحدد حجم الجذوع حسب الطول والقطر في المقطع العلوي بالطريقة التجريبية على أساس القياسات الدقيقة لعدد كبير من الجذوع. تقاس الأقطار بفاصل 1 أو 2 سم بعدها يحسب حجم كل جذع على الأغلب حسب المعادلة المعقدة للمقاطع الوسطى.

جدول (6): تحديد حجم السرتيمنتات حسب الطول والقطر في المقطع العلوي:

طول السرتيمنت (م)	حجم السرتيمنتات (م^3) عند القطر في المقطع العلوي (سم)						
	20	21	22	23	24	25	26
0،4	15،0	16،0	18،0	20،0	21،0	23،0	25،0
5	19،0	21،0	23،0	25،0	27،0	30،0	32،0
6	24،0	26،0	28،0	31،0	33،0	36،0	39،0
5،6	26،0	28،0	31،0	34،0	36،0	40،0	43،0
7	28،0	31،0	34،0	37،0	40،0	43،0	47،0
8	34،0	37،0	40،0	44،0	47،0	51،0	55،0

تصنف نتائج الحساب في مجموعات حسب طول الجذوع وأقطارها في المقطع العلوي. تجمع حجوم الجذوع التي لها نفس الطول والقطر في المقطع العلوي وتقسم على عددها فنحصل

على متوسط حسابي لحجم الجذع الذي ينتمي إلى هذه المجموعة ويسجل في الجدول بعد التسوية أو التعديل.

لنفترض أننا نمتلك n جذع بطول L ذا قطر واحد في المقطع العلوي، نجد حسب المعادلة المعقدة للمقطع الوسطي (33) حجم كل جذع:

$$V_1 = (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \square + \gamma_t)L$$
$$V_2 = (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \square + \gamma_t)L$$
$$V_3 = (\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \square + \gamma_t)L$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$V_n = (\gamma_1^n + \gamma_2^n + \gamma_3^n + \square + \gamma_t^n)L$$

نجد حجم جذع واحد جدولي حسب المعادلة التالية :

$$V_m = \frac{V_1+V_2+V_3+\square+V_n}{n} \qquad (59)$$

عند القياس الكثير العدد للجذوع سنجد أن الجذوع الكبرى والصغرى ليست كثيرة، لذلك الحجوم الوسطى المحسوبة على أساس عدد قليل من المشاهدات سيكون غير دقيق بشكل كافي ولابد من تسويتها بيانياً، لهذا ننشئ منحني بياني، حيث توضع على محور السينات أقطار الجذوع في المقطع العلوي، وعلى محور العينات توضع الحجوم المتوسطة للجذوع. عند وصل النقاط المتوضعة على المخطط البياني نحصل على منحني. فإذا كان المنحني غير منسجم أي ذا انحرافات شديدة فهذا يعني أن الحجوم المتوسطة الموضوعة غير دقيقة ويجب معادلتها.

عند المعادلة يجب دراسة مقدار الأخطاء الوسطى في تحديد المتوسطات الحسابية لحجوم الجذوع. بإجراء الحسابات المناسبة على المخطط البياني نحصل في النتيجة على جدول مشابه للجدول (5) لتحديد حجوم الأسطوانات.

ينصح برسم عدة منحنيات بيانية على نفس المخطط البياني والتي تصف تغير حجوم الجذوع تبعاً لقطرها عند أطوال مختلفة. إذا كانت المنحنيات للجذوع ذات الأطوال المختلفة لها اتجاه عام فهذا سيكون شاهداً على صحة المؤشرات المتوسطة.

يمكن مساواة المتوسطات الحسابية للحجوم بالأسلوب التحليلي أيضاً، في هذه الحالة على أساس المشاهدات التجريبية توضع المعادلات التجريبية المناسبة.

وجد العالم الألماني (كورسون) بأن حجم الجذع v كتابع لـ L لذا يمكن تحديد حجم الجذع بالمعادلة البسيطة:

$$V = KL^m \qquad (60)$$

هذه المعادلة يمكن التعبير عنها أيضاً كمعادلة تفاضلية للتابع d (القطر). بهذا الشكل نجد في المحصلة أن حجم الجذع يساوي:

$$V = KL^m d^n \qquad (61)$$

الثوابت: k، m، n تحدد بالمعطيات التجريبية المعدة بأسلوب التربيعات الدنيا. رغم دقة هذه الثوابت التي تشكل أعداد دقيقة جداً، فإن توفر الحاسبات الالكترونية يسهل استخدام تلك المعادلات لتشكيل الجداول الحجمية.

1 -4 انبراء (استدقاق، تدّرج) الساق وتأثيره في حجم الجذع

Log taper & timber volume

تتناقص أقطار الساق الخشبية من القاعدة إلى القمة بالتدريج. هذا التناقص الذي يحدث على وحدة الطول للساق (على الأغلب 1م) يسمى انبراء (استدقاق). وهو يمكن أن يكون مطلق أو نسبي.

الانبراء المطلق Absolute taper: يساوي الفرق بين أقطار مقطعين من الساق يبعدان عن بعضهما البعض 1م. نفرض أن قطر الساق على مسافة 1 م من قاعدة الساق D_1=30 cm وعلى مسافة 2 م من القاعدة D_2=29 cm فالفرق بين هذين القطرين = 1 سم وهو الانبراء المطلق على هذا الجزء من الساق.

عند تحديد الانبراء النسبي Relative taper: قطر الساق المقاس على ارتفاع الصدر يؤخذ 100٪، كل الأقطار الأخرى التي تقاس في مقاطع مختلفة يعبر عنها بالمائة بالنسبة للقطر على ارتفاع الصدر، في النتيجة نحصل على سلسلة مئوية، تصف التغيير النسبي لقطر الساق أو الانبراء النسبي.

مقدار الاستدقاق على الأجزاء المستقلة للساق يكون مختلفاً، فهو يكون كبير نسبياً في الجزء السفلي من الساق بسبب النموات الجذرية، أما في الجزء الوسطي للساق فيصغر وبالقرب من القمة يتزايد من جديد.

عند تقييم الاختلاف في الاستدقاق عند الجذوع المستقلة من الشائع وضع أو تحديد الاستدقاق الوسطي، الانبراء الوسطي S_m يساوي الفرق بين الأقطار في المقطع السفلي D والعلوي d مقسوماً على طول الجذع L:

$$S_m = \frac{D-d}{L} \qquad (62)$$

عند نشر الجذوع إلى ألواح وكذلك لدى استخدامها في البناء يملك الاختلاف في انبراء الأجزاء العلوية للجذوع التي لا تتجاوز في الطول 3م أهمية عملية، بينما لا تمثل الاختلافات في الانبراء في الجزء المتبقي للجذوع من وجهة النظر الإنتاجية أية أهمية.

عند نشر الجذوع إلى ألواح طويلة لها أشكال هندسية حقيقية (مواشير سداسية متوازية السطوح) سيكون بدون فرق إذا كان للجذوع شكل مخروط مقطوع أو ناقص، حيث المرتسم يعتبر مستقيماً أو شكل قطع مكافئ ذا مرتسم محدب. في كلا الحالتين الجزء المحيطي للجذوع يذهب على شكل فضلات. لا يتجاوز الفرق في الأقطار على جزء الساق بطول 3م عندما يكون على شكل مخروط أو قطع مكافئ بضعة ميليمترات، أي بمعنى يقع ضمن حدود دقة القياس. لذلك عند استخدام الخشب في الاقتصاد الوطني يحدد فقط مقدار الانبراء الوسطي.

درس البروفيسور أنوتشين السؤال حول مقدار الانبراء الوسطي، حيث قاس بدقة أكثر من 4 آلاف جذع وتبين أن مقدار الانبراء الوسطي يقع في علاقة مباشرة مع قطر الجذع، توصف هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$S_m = 0{،}39 + 0{،}021\,D \qquad (63)$$

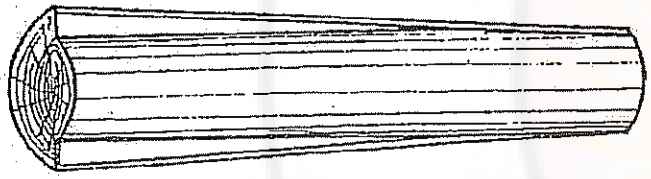
حيث D: القطر بالسم (للجذوع القاعدية) على مسافة 1م من القاعدة، وللأجزاء الأخرى عن الوجه السفلي. لكي يحدد كيف يتغير مقدار الانبراء عند الجذوع المستقلة، كانت قد حسبت الانحرافات التربيعية الوسطى عن المعايير الوسطى.

يلاحظ أكبر تغير في الانبراء عند الجذوع الضخمة. هذا يفسر بأن الجذوع المتوسطة القطر تحضر في أغلب الحالات من الأجزاء الوسطى للسوق، التي تملك شكلاً أكثر صحة، تتغير الانحرافات التربيعية الوسطى من 27،0 حتى 87،0 سم. هي تشكل بشكل تقريبي من 1/4 حتى 1/2، وفي المتوسط تقريباً يساوي 1/3 مقدار الانبراء المطلق، معامل الاختلاف الوسطي للجذوع يساوي 5،38٪، الانبراء الوسطي يساوي 96،0 سم على 1م من طول الجذع.

طبقاً لقانون التوزع الطبيعي الاختلاف عن المقدار الوسطي للانحراف سوف لا يتجاوز ±0.38 سم على 1م من طول الجذع عند 68 جذع من كل 100 جذع، الانبراء الوسطي سيكون 59،0 – 33،1 سم.

عندما يكون الانبراء الوسطي لنوعين أو أكثر متساوياً يمكننا استخدام نفس جداول حجوم الجذوع. أظهر تحليل المعطيات التجريبية، بأن انبراء جذوع الصنوبر والتنوب يتغير تقريباً في نفس الحدود وأن متوسطات انبرائها متقاربة فيما بينها. لذلك يمكن استخدام نفس جداول حجوم الجذوع لتلك الأنواع. لدراسة تأثير الانبراء على الجذع يقسم الجذع إلى جزأين: محيطي يسمى منطقة الانبراء، واسطواني.

يسمى حجم الجزء الأسطواني للجذع **بالحجم التكعيبي الأسطواني** (الشكل 37).



الشكل 37. تقسيم الجذع إلى جزء اسطواني ومنطقة الانبراء.

يحدد الحجم التكعيبي الأسطواني كحجم اسطوانة قاعدتها هي الوجه العلوي للجذع وارتفاعها هي طول الجذع.

عند الجذوع التي تملك أطوال واحدة وأقطار واحدة في المقطع العلوي بغض النظر عن الاختلاف في الانبراء فإن الحجم التكعيبي الأسطواني لها سيكون واحداً.

كلما كان الجذع ذو انبراء كبير، كانت نسبة حجمه التي تذهب إلى منطقة الانبراء أكبر. عند الجذوع ذات الطول الوسطي 6م يقع 8،20٪ من حجم الجذع في منطقة الانبراء، وعند التي بطول 10م يقع 1،31٪ أي بـــ 5،1 مرة أكبر.

وعند الجذوع بقياس مترين حجم منطقة الانبراء بـــ 4،2 مرة أقل مما عند الجذوع ذات الطول المتوسط.

بالنسبة لسماكة الجذوع فقد أثبتت العلاقة التالية: كلما كان الجذع أثخن، كان حجم منطقة الانبراء (بالمائة) أقل، فهكذا نجد أنه عند الجذوع بطول 6 أمتار وقطر 15 سم حجم منطقة الانبراء يشكل 2،24٪ عند قطر 25 سم كان 4،19٪ وعند قطر 40 سم كان 7،16٪.

يتغير الانبراء بشكل قوي عند الجذوع المستقلة. عند استخدام جداول حجوم الجذوع التي تتطلب قياس الأقطار العلوية وأطوال الجذوع لا تُدرَّسْ مقدار هذه التغيرات.

نستنتج: أن الأخطاء في تحديد حجم الجذوع بهذه الجداول يفسر بعدم الدراسة الدقيقة لمنطقة الاستدقاق.

إن غياب الدراسة الدقيقة لخصائص استدقاقها لايؤدي إلى أخطاء محسوسة عند تحديد الحجم العام للجذوع لأن أقل جزء من حجم الجذوع يذهب لقسم منطقة الاستدقاق (الانبراء) عند الجذوع القصيرة. مثال: عند الجذوع ذات المترين منطقة الاستدقاق فيها أقل بمرتين من المتوسطة، تعطي خطأ عند تحديد الحجم العام للجذوع حسب الجداول فقط بـــ 7،8٪.

لدى الجذوع الطويلة أية انحرافات في قيمة الاستدقاق تؤثر على الحجم الواقعي للجذوع بشكل أكثر محسوس.

عند قيمة الاستدقاق الوسطي 96٪ سم وقطر في المقطع العلوي (20 سم)، القطر الوسطي للجذوع ذات الستة أمتار يساوي:

$$(3\times 0) \approx 20{،}23 + (96) \text{ سم}$$

تغير الاستدقاق الموصوف بالانحراف 38،0 سم تفضي إلى أن أقطار الجذوع ذات الستة أمتار المتوسطة الثخانة على منتصف ارتفاعها سيكون:

$$14 \text{ cm}{،}38\times 3=23\pm 1{،}23\pm 0$$

نستنتج: أن الانحراف عن قيمة القطر الوسطي للجذوع يشكل:

$$\pm \frac{1{،}14{،}100}{23} = \pm 5٪$$

الخطأ في تحديد القطر يؤدي إلى خطا مضاعف في تحديد مساحة الدائرة عند دراسة الجذوع حسب أقطارها في المقطع العلوي يتم إيجاد الأقطار المتوسطة لهذه الجذوع بخطأ ±5٪، الذي بدوره يؤدي إلى خطا مضاعف في تحديد المقاطع المتوسطة للجذوع أي ±10٪.

كما تحدثنا بأنه يمكن تحديد حجم الجذع بضرب مساحة مقطعه في منتصف الساق بطوله. بهذه الطريقة الخطأ النسبي في حساب المقطع المتوسط يسبب نفس الخطأ النسبي في تحديد حجم الجذع. عند طول متوسط للجذوع 6م، تحديد حجومها وفق الجداول التي يتطلب استخدامها قياس الأقطار العليا وطول الجذوع يترافق مع أخطاء تساوي بالمتوسط ±10٪. في 68 حالة من 100 الخطأ في تحديد حجوم الجذوع لا يتجاوز ±10٪، في 27 حالة ±20٪ وفي خمس حالات ±30٪.

مع ازدياد ثخانة الجذوع، تتناقص الأخطاء في الحجوم، مع ازدياد الطول تتزايد، مع تناقص الطول ينخفض أو يتضاءل.

عند وضع جداول الحجوم، تقاس الجذوع ذات الانبراء المختلف. عند إعداد نتائج القياس يُعْدل الانبراء القوي للجذوع بالضعيف، ونحصل في النتيجة على أن المتوسطات الحسابية للحجوم التي تتضمنها جداول حجوم الجذوع تتطابق مع انبرائها الوسطي، لذلك حجم الجذوع التي تملك انبراء وسطي المحددة وفق الجداول ستكون أكثر دقة.

تعطي جداول تحديد حجوم الجذوع حسب الأقطار المتوسطة وبمقدار معلوم إمكانية دراسة خصائص الانبراء للجذوع المستقلة. من بين جذعين لهما نفس القطر في المقطع العلوي ولكن انبراء مختلف، يبدو القطر المتوسط أكبر عند الجذع ذو الانبراء الكبير. طبقاً لهذا الحجم الواقعي للجذع الأكثر انبراء سيكون أيضاً أكبر بالمقارنة مع الأقل انبراءً.

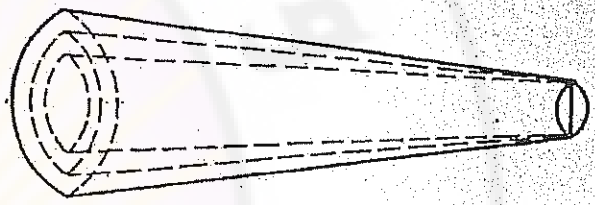
عند استخدام الجداول لتحديد حجوم الجذوع حسب الأقطار في المقطع العلوي لا يمكن دراسة الاختلاف في الانبراء لديها. الجذوع ذات الانبراء المختلف ولكن لها نفس الأقطار في المقطع العلوي ستكون واحدة بالحجم.

تملك الجذوع الضعيفة والقوية الانبراء أكثر انحراف في الانبراء بالمقارنة مع الجذوع التي من أجلها وضعت الجداول، لذلك عند تحديد حجوم تلك الجذوع حسب الجداول تحصل أكبر الأخطاء. تقلل الجداول من حجوم الجذوع قوية الانبراء، بينما تزيد من حجوم الضعيفة الانبراء (الشكل 38).

– مع زيادة طول الجذوع في كلا الحالتين يتزايد الاختلاف بين الحجوم الحقيقية والجدولية.

– عند استقبال مجموعة كبيرة من الجذوع، التي يوجد ضمنها جذوع ضعيفة وقوية الانبراء وكذلك جذوع ذات انبراء متوسط ستعطي الجداول التي بواسطتها تحدد الحجوم حسب الطول والقطر في المقطع العلوي نتائج مقبولة:

نقص حجوم مجموعة من الجذوع سيغطى بزيادة مجموعة أخرى، ونحصل في المتوسط على حجم قريب إلى الواقعي.



الشكل 38. رسم تخطيطي لجذوع ذات تدرج مختلف.

عند تشكيل جداول حجوم الجذوع قسم كريودنيير السوق المختلفة المقاييس وفق طولها والقطر في المقطع العلوي وأوجد حجمها تبعاً لطولها والمقاطع المختلفة لها. أوجد الحجوم المتوسطة الحسابية للجذوع التي تملك طول واحد ونفس القطر في المقطع العلوي، لكن ناتجة عن سوق مختلفة. قام بتحميل الحجوم الحسابية المتوسطة للجذوع المتساوية في الطول والأقطارها في المقاطع العليا على المخطط البياني وتم الحصول على منحنيات بيانية للحجوم لكل فئة طولية للجذوع. تمت مساواة (تعديل) المنحنيات النهائية لتحديد الحجوم. وتحويل جداول حجوم الجذوع لكريودنيير في عام 1926م من قبل البروفيسور تورسكي K.M.Turcky إلى المقاييس المترية ومنذ تلك اللحظة أصبحت تسمى بجداول تورسكي – كريودنيير.

1-5- حجوم الأخشاب القميّة Chopped stem Wood volume:

تحدد حجوم السرتيمنتات المحضرة من أجزاء الساق القاعدية والوسطى بدقة مقبولة.

لكي نتحاشى انقاص حجوم الأخشاب المحضرة من الأجزاء القمية للسوق، من الضروري أن نرفع حجوم السرتيمنتات الصغيرة وفق المعيار الحكومي رقم 75 – 2708 (الذي يعطي حجم السرتيمنتات المحضرة من الأجزاء القاعدية والوسطى). غير أن هذا يمكن أن يؤدي

إلى زيادة مصطنعة لحجوم السرتيمنتات الصغيرة المحضرة من أجزاء الساق القاعدية والمتوسطة، لأنه عند نفس الأقطار في المقطع العلوي الانبراء عند السرتيمنتات القمية سيكون أكبر بكثير مما عند السرتيمنتات القاعدية والوسطى. إن هذا الاختلاف الجوهري في شكل السرتيمنتات القاعدية والوسطى من جهة والقمية من جهة أخرى يستثنى إمكانية تشكيل جداول موحدة لحجوم الأخشاب المدورة بحيث تسمح بتحديد حجوم السرتيمنتات المحضرة من الأجزاء المختلفة من الساق بدقة واحدة. لذلك تم تشكيل جداول مستقلة لحجوم الأخشاب القمية.

من أجل الحكم على دقة وتغير (اختلاف) حجوم السرتيمنتات المستقلة، بالإضافة إلى الحجوم الحسابية الوسطى كانت قد حسبت كل من الانحراف التربيعي الوسطي أو ما يسمى بالانحراف المعياري S± الخطأ الوسطي ES±، معامل الاختلاف أو التباين C+ ومعامل الدقة P±.

حددت الحجوم الحسابية الوسطى الموضوعة في أساس الجداول بدقة عالية وبشكل كافي، وهي لمعظم مقاييس الأخشاب القمية بدقة لا تتجاوز 1-3٪.

بمقدار زيادة طول الأخشاب القمية تتناقص دقة المتوسطات الحسابية للحجوم. مع ازدياد أقطار الأخشاب القمية تزداد الدقة. نستنتج: بأنه عند تحديد حجم السرتيمنتات الأكثر ثخانة من جديد وفق الجداول الموضوعة سيكون الخطأ أقل، مما هو عند تحديد حجوم أخشاب أرفع.

كما هو معروف بأن حجوم الأخشاب القمية عند نفس الطول والقطر في المقطع العلوي تكون مختلفة، فبمقدار زيادة طول الأخشاب هذا الفرق في الحجم يتزايد. فمعامل الاختلاف في القطع ذات الطول 1م يساوي بالمتوسط ±8٪ عند الأخشاب 5-6 م يساوي ±15٪. يتناقص معامل الاختلاف مع زيادة قطر الأخشاب.

معامل الاختلاف في حجم الجذوع القاعدية والوسطى عند طول متوسط لها 5،6 م يساوي ±9٪ عند حساب حجوم الأخشاب القمية حسب الجداول الجديدة، كان الخطأ يساوي (5،1 – 5،2) مرة أكبر مما عند الأخشاب القاعدية والوسطى بنسبة تصل لـ 13 – 23٪.

تعد هذه الدقة الصغيرة (القليلة) للحساب، كما هو معلوم نتيجة الاختلافات الكبيرة في الشكل (انبراء) الأخشاب القمية. غير أن تدقيق حساب حجوم تلك الأخشاب القائم على أساس القياسات الكثيرة العدد غير ممكن. الأسلوب الوحيد لحساب هذه الاختلافات – الانتقال إلى قياس

الأقطار إلى الوسط أو في المقطعين النهائيين للأخشاب. يمكن معادلة الجهة الناتجة بواسطة المنحنيات البيانية اللوغارتمية بوضع لوغاريتمات الأقطار على محور السينات ولوغاريتمات المتوسطات الحسابية للحجوم على محور العينات للسرتيمنتات المختلفة الطول. تؤخذ من الخطوط (المنحنيات) المستقيمة المعدلة (المصححة) القراءات التي تحدد حجوم السرتيمنتات القمية. حسب المعطيات الحاصلة نبني المنحني البياني الثاني. يحمل على محور السينات – الأطول وعلى محور العينات حجوم السرتيمنتات المختلفة الأقطار وفي النتيجة نحصل على مجموعة من منحنيات الحجوم على شكل مروحة. بعد المساواة غير الكبيرة (غير المحسوسة) مع هذا المنحني أخذت القراءات التي تحدد حجوم السرتيمنتات القمية التي قطرها في المقطع العلوي من 3 حتى 15 سم وبطول من 1 حتى 7 م بفاصل في الطول 1،0 و25،0 م. دونت كل هذه الحجوم في الجدول الذي كان إضافة إلى الجدول المعياري 75-2708.

يُنقّصّ الجدول المعياري 75-2708 حجوم الأخشاب القمية في المتوسط إلى 1،26٪ فإذا كانت الحجوم وفق الجدول المعياري المذكور تعادل 100٪ فإنه حسب الجداول المشكلة للأخشاب القمية، الحجوم ستساوي 3،135٪ أي تزيد نحو 3،35٪. بالنظر إلى الاختلافات الكبيرة في مؤشرات هذه الجداول والجدول المعياري 75-2708 يظهر سؤال حول لأي مقدار تزداد حجوم الأخشاب القمية بالنسبة إلى كل كمية الخشب المحضرة التي يدخل فيها الجذوع القاعدية والوسطى. فهي أي الأخشاب القمية تشكل نسب مختلفة باختلاف المناطق فهي على سبيل المثال في مناطق الشمال تشكل 13٪ من حجم الساق وفي مناطق الجنوب 5–٪. لذلك الجداول الجديدة يضاف إليها الزيادة التالية بضرب النسبة 3،35 بمقدار ما تشكله من حجم الساق في كل منطقة. على سبيل المثال في الشمال 3،35×13،0 = 6،4، في الجنوب 05،0 × 8،1 = 3،35.

يتم الفرز الصحيح للأخشاب الدائرية إلى فئة الأخشاب القمية عند الاستلام والتسليم عن طريق القياس الجزئي للأقطار القمية والسفلية وحسب المظهر الخارجي للأخشاب.

عند طول الأخشاب من 2–5م تنسب إلى فئة الأخشاب القمية التي يكون قطرها في المقطع السفلي ليس أقل من حاصل جمع القطر في المقطع العلوي وطول السرتيمنت (الخشب) مصغر إلى 1000 مرة.

$$D_d = d_n + 0{،}01\,L \quad (64)$$

عند الأخشاب القمية التي طولها أكثر من 5م القطر في المقطع السفلي سيساوي مجموع القطر العلوي مع واحد بالمئة من طول السرتيمنت ناقص واحد.

$$D_d = d_n + 0{،}01\,L - 1 \quad (65)$$

مثال: طول السرتيمنت يساوي 5م أما القطر في المقطع العلوي 9سم. ينتمي هذا السرتيمنت إلى السرتيمنتات القمية في تلك الحالة عندما يكون قطره في المقطع السفلي ليس أقل من 9+5=14سم أما إذا كان طوله 7م فعندها يكون ليس أقل من 9+7–1=15سم لإظهار حصة الأخشاب القمية في الإرسالية المستلمة، يجب بالإضافة إلى الأقطار القمية قياس 5–10٪ من كل السرتيمنتات التي قطرها في المقطع السفلي حتى 15 سم.

1–6 قياس الأخشاب المدورة Round Timber measurements:

يحسب طول الأخشاب المخروطية عادة بفاصل 5،0م. لا تستخدم الأجزاء أقل من 5،0م عند القياس والجرد. يحسب طول العوارض الورقية (عوارض أو كتل لقشرة الموبيليا أو لصناعة الكبريت وغيرها) بدقة حتى 1،0م. تستخدم لقياس طول الأخشاب المدورة شريط القياس، بكرة القياس ونادراً الأمتار القابلة للطوي.

تنضد (ترتب) الجذوع أو القرم ذات الطول الواحد عادة في المستودعات الغابية في كومات مستقلة، عند ترتيب الكومة لابد من متابعة أو ملاحظة أن تقع وجوه المقاطع المستقلة للكومة بالنسبة للناحية الخلفية للكومة قدر الإمكان في مستوى واحد. أي غير بارزة إلى الأمام أو داخلة ضمن الكومة. مثل هذا الترتيب أو التنضيد الدقيق يعطي الإمكانية عند الاستلام لقياس طول 1–2 جذع وتعميم نتائج القياس على كل الجذوع أو القرم الموضوعة (المرصوفة في الكومة).

عند تحديد قطر الأخشاب المدورة يعتمد شكل الوجه كدائرة الذي يقاس عليه القطر. في الواقع كما ذكر سابقاً أن شكل المقطع العرضي للساق يختلف عن الدائرة، لذلك عند تحديد قطر الجذع أو القرمة يقاس المقطع الأكبر والأصغر على الوجه ومن الناتج نحصل على المقطع الوسطي الذي يسمى القطر الوسطي.

أقطار الأخشاب المدورة نادراً ما تكون رقم صحيح. تقرب الأقطار الدقيقة إلى الكاملة (الصحيحة). إذا كان عند قياس أقطار الأخشاب المدورة استخدمت التدريجة اسم، فالأجزاء أقل من 5،0سم تحذف وتعتمد الأجزاء 5،0سم وأكثر كسنتمتر كامل. تعالج المعايير بالنسبة للجذوع بتقريب الأقطار حتى سنتمترات مزدوجة: الأقطار غير الزوجية التامة تكبر حتى أقرب رقم زوجي ولا تستخدم أجزاء السنتمتر في الحساب.

بما يتوافق وحساب أخطاء القياس من جراء تقريب الأقطار حتى صف أقطار كامل عند الجزء الأكبر من الجذوع عند تحديد القطر يسمح بخطأ يساوي في المتوسط 1/2 مقدار الصف. عند صفوف أقطار 1سم يشكل الخطأ 5،0سم، أما عند حساب الأقطار بسنتمترات مزدوجة 1سم. إذا كان القطر الوسطي للجذوع يساوي 20سم يشكل هذا الخطأ 5،2 و5٪ من مقدار القطر.

تجر الأخطاء في القطر* وراءها خطأ مضاعف في الحجم. من هنا عند تقريب الأقطار حتى سنتميترات تامة، الخطأ في الحجم سيساوي ±5٪، وعند حساب الأقطار بسنتمترات مزدوجة ±10٪. لكن عند القياسات الكبيرة جداً للجذوع سوف تملك هذه الأخطاء إشارات موجبة وسالبة وفي النتيجة ستتعادل (أو تنتهي). تسمح المعايير بالنسبة لجذوع النشر وجذوع البناء في رزم أو إرساليات ليس اقل من 100 واحدة بقياس فقط قطر واحد، لكن بشرط بأن يقاس عند كل الجذوع في اتجاه واحد. من الأفضل قياس الجذوع المنضدة في الكومة في الاتجاه الذي يشكل مع السطح الأفقي زاوية بمقدار 45°.

عند قياس الجذوع سماكة اللحاء لا تحسب. إذا كان المقطع العلوي للجذع يقع مكان عقد أو انتفاخات جذرية فيقاس بعيداً نوعاً ما عن مكان العقد أو الانتفاخات. يقاس القطر في هذه الحالة بالشوكة القياسية.

كنا قد أشرنا إلى أن الزيادة في طول السرتيمنتات الدائرية شكل في المتوسط 1٪ من الطول أي في الحجم 8،0٪. لا تدخل هذه الزيادة في التكعيب الحجمي عند الاستلام.

عند تسليم الجذوع يشار إلى طولها، قطرها ونوعها على الوجه العلوي بالحوار أو الدهان بمرقم أو مطرقة لوضع العلامات (الماركة). يتم قياس وجرد الجذوع من قبل شخصين: شخص يقيس أقطار الجذوع بالشوكة المقوسة في المقطع العلوي وشخص يسجل الجذوع في السجل الحسابي كما هو موضح في الأسفل:

الجدول 7. شكل الاستمارة الحسابية.

قطر المقطع العلوي، سم	أخشاب منشورة				جذوع البناء				كتل القشرة			
	الطول بالمتر											
	5		5،6		5،6		5،8		4		6	
	واحدة	م³	واحدة	م³	واحدة	م³	واحدة	م³	واحدة	م³	واحدة	م³
16												
18												
20												
22												
24												

حجوم السرتيمنتات المشار إليها في الاستمارة أو الجدول الحسابي تؤخذ حسب جدول حجوم الجذوع (الجدول 7).

يعقد القياس لكل جذع ميكانيكية أعمال التحميل والنقل. عند الحسابات الكبيرة للمنتجات الغابية يعار الاهتمام إلى الأسلوب الوزني للقياس وأسلوب العد (النقط) الذي سيشرح لاحقاً لتحديد معامل ملوءة الكومة والرزم المستقلة للجذوع. درست في الوقت الأخير أساليب تحديد حجم الأخشاب الدائرية من مجموعة من المختصين وتوصلوا لنتيجة بأنه عند استخدام الأسلوب الوزني من غير الممكن دراسة كمية ونوعية الخشب. مع ذلك الكتلة تتعلق برطوبة الخشب المتغيرة ووجود اللحاء على الأخشاب. نتيجة لهذه العيوب فيم (المختصين) لا ينصحون بالأسلوب الوزني للاستخدام الواسع في العملي.

يسمى جرد الأخشاب حسب حجم الكومة المخفض بمعامل ملوءة الخشب بالأسلوب الهندسي. يعطي كلا الأسلوبين الوزني والهندسي قيمة سالبة. الأساس لذلك تعد معاملات ملوءة الخشب للكومة المتغيرة جداً. وهي تتعلق بمجموعة كاملة من العوامل. عند الأسلوب الهندسي لا يمكن في الوقت نفسه دراسة الخشب كماً ونوعاً، يمكن استخدام هذا الأسلوب عند حساب حجوم السرتيمنتات بطول حتى 2م. أعطى الباحثون الأفضلية لأسلوب الجرد الانتخابي، الذي في ظله تختار عينة بدلاً عن (عوضاً عن) القياس الشامل لكل الأخشاب وتتعرض العينة للقياس الدقيق ومن جميع النواحي. يتعرض هذا الأسلوب لدراسة مستمرة بالنسبة لتدقيق عدد العينات وقواعد اختيارها.

الفصل الثاني

تقييم الأحطاب والسرتيمينات الصغيرة الأخرى

Estimating Chops

2-1- تصنيف الأحطاب Chop categories:

تقسم الأحطاب تبعاً للقدرة الحرارية المرتبطة بكتلة الخشب الجممية إلى ثلاث مجموعات:

المجموعة الأولى I: معدة من البتولا، الزان، الدردار، الشربين، الأولم، القيقب، السنديان، اللاركس.

المجموعة الثانية II : معدة من: الصنوبر، الحور الرومي.

المجموعة الثالثة III : معدة من: التنوب، الشوح، الأرز، التيليا، الحور، الصفصاف وغيرها.

الأحطاب المحضرة من الأنواع الخشبية التي تنتمي إلى مجموعة واحدة تسمى **بالمتجانسة**، والتي تنتمي إلى مجموعات مختلفة **بالمختلطة**.

كما تقسم الأحطاب حسب رطوبتها إلى:

1) جافة: تنسب إليها الأحطاب التي تحتوي على رطوبة 20 – 25٪.

2) نصف جافة: تنسب إليها الأحطاب التي تحتوي على رطوبة 26 – 50٪.

3) رطبة: تنسب إليها الأحطاب التي تحتوي على رطوبة أكثر من 50٪.

كما تقسم الأحطاب حسب سماكتها وطريقة تنضيدها إلى:

1) الأحطاب بسماكة من 3 – 14 سم تحضر بالشكل الدائري.

2) الأحطاب بثخانة من 15 –25 سم يجب أن تكون مكسرة إلى جزأين.

3) الأحطاب بثخانة من 26 – 40 سم يجب أن تكون مكسرة تقريباً إلى 4 أجزاء.

4) كتل الحطب بقطر أكبر من 40 سم يجب تكسيرها إلى عدة اجزاء بحيث يكون أكبر شق خطي على الوجه لا يتجاوز 20 سم.

كمية القرم الحطبية الدائرية بسماكة من 3 – 6 سم يجب ألا تتجاوز 20٪ من الحجم التكعيبي العام لرزمة الحطب المسلمة. أطوال الأحطاب حسب المعيار الحكومي يجب أن تكون 25،33،

75...100 سم، أو من مضاعفاتها إذا لزم الأمر. الانحراف في الطول يجب ألا يتجاوز ±2 سم.

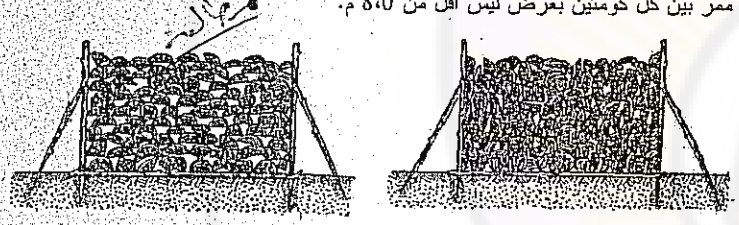
يجب أن تكون الأحطاب خالية من الفروع ويمكن وضعها مع القشرة وبدون القشرة.

2-2- قواعد ترتيب وتعبئة ورزم وترصيص واستلام الأحطاب

Sorting and arranging rules chop

ترتب الأحطاب والسرتيمنتات الصغرى الأخرى عند تحضيرها وخزنها في أكوام مستطيلة الشكل. يوضع الصف السفلي من القرم في مدٍ طولي. تدعم نهايات الأكوام بطول أكثر من 10م بأوتدة ومساند. عدا ذلك يتم تدعيم الأكوام كل 10م طول بتربيعة واحدة.

تعبئ الأكوام بارتفاع 1،1 إلى 5،1 و 2 م. لسهولة تفقد الأكوام في المستودعات الخشبية يجب ترك ممر بين كل كومتين بعرض ليس أقل من 8،0 م.



الشكل 39. كومة غير متراصة (من اليسار) متراصة (من اليمين).

عند ترتيب كتل الحطب في الأكوام يتم تصنيفها حسب الطول والرطوبة. يجب أن تكون الناحية الأمامية لعرمة الحطب مستوية.

إذا وضعت الأحطاب في المستودعات أو في عربات نقل الحركة (البواخر، القطارات) برطوبة أكثر من 25٪، فتعمل زيادة بمقدار 3 سم لكل متر ارتفاع لكومات الحطب لتلافي الجفاف والتقلص.

يُعتمد ارتفاع عرمة الحطب كمتوسط حسابي لثلاث قياسات يجريها المستقبل في ثلاثة أماكن مختلفة حسب الاختيار. لا تدخل في الحساب عند قياس ارتفاع عرمات الحطب البطانة (ألواح الأساس) والزيادة للجفاف.

عند استلام الأحطاب تحدد إلى أي من المجموعات المشار إليها حسب القدرة الحرارية تنتمي الإرسالية المستلمة، تحدد رطوبة الأحطاب في المخبر عن طريق وزنها. ينصح في هذه الحالة بكتلة 1م^3 خشب للأنواع المختلفة عند الرطوبة المختلفة لها.

كتلة الخشب المعتمدة في الجدول المقياسي للأحطاب كان قد أشير إليها في قسم الأساليب الفيزيائية للقياس (أنظر الجدول 1).

يسمح باستقبال وحساب الكتلة بالأطنان فقط للأحطاب الجافة. عند استلام الأحطاب لابد من التأكد من وضعها بشكل صحيح. يعرف في عملي التخزين أسلوبين لترصيص الأحطاب (الشكل 39) متراص وغير متراص (ممتلئ وغير ممتلئ).

يتلخص الأسلوب الأول (غير المتراص): بأن قرم الحطب المكسرة إلى جزأين، ترتب في العرمة بحيث يكون السطح المحدب (القشرة) إلى الأعلى وجهة التصديع إلى الأسفل، نحصل في هذه الحالة على نوافذ صغيرة مثلثية على كامل الكومة التي تصغر بشكل محسوس ملوءة الخشب للكومة.

في الطريقة الثانية (الأسلوب المتراص): توضع القرم على حافتيا بحيث الأوجه المكسرة تتطابق مع بعضها بشكل متراص. في هذه الحالة القرم تتطبق مع بعضها كما لو أنها ملتصقة مع بعضها، كما يوضع بين القرم الكبيرة قرم أصغر.

عند استلام الأحطاب ترش وجوه القرم بالكلس (دهان) أو توضع عليها إشارة حتى لا يتم بالخطأ استلام نفس الأكوام أكثر من مرة.

يحدد حجم الأحطاب بطول أكثر من 3م وفق جداول حجوم الأخشاب الدائرية (75-2708) أما الأحطاب الأصغر فتحسب بالمقادير التي تعتمد على حساب الحجم غير المتراص.

2-3- ملوءة الخشب للأكوام:

إن كمية الخشب الممتلئ في الحجم التكعيبي غير الممتلئ غير ثابتة: كلما كانت الفراغات بين قرم الحطب أكبر، كلما كانت كتلة الخشب في العرمة أقل.

معامل ملوءة الخشب لعرمة الحطب: هو كمية كتلة الخشب المتراصة في المقدار غير المتراص مقسومة على حجم المقدار غير المتراص.

إذا كان 1 م^3 غير متراص حطب يوجد كتلة متراصة من الخشب 0،7 م^3، فإن المتبقي 0،3 م^3 يكون هو الفراغات بين القرم الحطبية، معامل ملوءة الخشب يساوي 0،7.

كلما كان شكل الساق الذي نحصل منه على قرم الحطب أكثر صحة وكانت العقد عليه أقل وكان اللحاء أملس كلما يمكن ترتيبها بشكل متراص أكثر نستنتج: بأن مثل هذه العرمة ستملك أعلى معامل ملوءة خشب. ترتيب أو تنضيد القرم الطويلة بشكل متراص يكون أصعب من القصيرة، لأنه مع ازدياد الطول تظهر التجاويف وتزداد العقد.

عند نشر قرم الحطب الطويلة يتناقص حجم عرمة الحطب، أما معامل ملوءة الخشب فيتزايد، عند نشر القطع ذات المترين إلى ذات المتر وذات المتر إلى ذات نصف المتر معامل ملوءة الخشب يزداد بالمتوسط 3٪.

بعد نشر الحطب الموضوع في العرمة الهشة يجب أن نتوقع تقلص ملموس في الحجم وخاصة إذا وضعت القرم المنشورة بشكل متماسك. يتغير حجم العرمة المتماسكة نفسها بشكل قليل عند الترتيب الدقيق لها للمرة الثانية بعد نشر القرم إلى قرم أصغر.

يتعلق معامل ملوءة الخشب للعرمة بثخانة القرم الموضوعة فيها: كلما كانت القرم أثخن، كلما كان هو أكبر والعكس صحيح.

إذا تم شق أو كسر القرم وإعادة وضعها من جديد فإن حجم العرمة يزداد، أما معامل ملوءة الخشب فيتناقص.

كلما كانت القرم أثخن وكلما كسرت إلى قطع أصغر كلما كان الفرق بين الحجم الحاصل والسابق أكبر. يستخدم في العملي مقياس اختلاف متوسط تقريبي 5٪. يوجد هذا الاختلاف عادة عند تقطيع القرم إلى جزأين، عند التقطيع الأدق، الاختلاف في الحجم يزداد حتى 10٪.

يجب تقطيع الأحطاب بالشكل الذي يؤدي إلى جفافها والحفاظ على نوعيتها. مثال: أحطاب البتولا غير المقطعة والتي أبقي عليها اللحاء تتلف (تفسد) بسرعة: في البداية يظهر عليها العفن بلون يشبه لون المرمر الذي يتحول مع الزمن إلى عفن هش مسبباً تعفن الخشب.

بمساعدة ملوءة الخشب يمكن تحويل الحجم المحسوب في الحجوم التكعيبية المتراصة إلى مقادير غير متراصة، لهذا يجب تقسيم كمية الخشب الموجودة في الحجوم التكعيبية

المتراصة على معامل ملوءة الخشب. لتحويل حجم العرم من الأمتار المكعبة غير المتراصة إلى المتراصة يجب ضرب الحجم غير المتراص بمعامل ملوءة الخشب.

$$K = \frac{V_{\text{متراص}}}{V_{\text{غير متراص}}}$$

عند حساب الحجم يمكن أيضاً استخدام معاملات التحويل. إذا اعتبرنا أن 1م^3 حطب غير متراص يشكل 0،7م^3 متراص فإن 1م^3 متراص يحوي 1،43م^3 غير متراص. في هذه الحالة 1،43 يعتبر معامل التحويل.

عند تحويل المقدار غير المتراص إلى متراص يجب تقسيم كمية الحطب المعبر عنها بالأمتار المكعبة على 1،43، أما عند تحويل الكتلة المتراصة إلى مقادير غير متراصة فيجب ضرب حجم الأحطاب المتراصة بـ 1،43.

يتضمن الجدول المعياري الحكومي (46-3243) معاملات ملوءة الخشب لتحويل المقادير غير المتراصة للأحطاب إلى متراصة والتي نوردها في الجدول (8).

معطيات الجدول (8) تثبت النتائج المذكورة سابقاً بأن معاملات ملوءة الخشب تزداد مع ازدياد ثخانة القرم ومع ازدياد طولها تتناقص. معاملات ملوءة الخشب للأحطاب المكسرة أقل من الدائرية.

معامل ملوءة الخشب عند أحطاب الأنواع المخروطية التي تملك شكل ساق أكثر صحيحاً من مستورات البذور يكون أكبر.

جدول (8): معامل ملوءة الخشب لتحويل المقادير غير المتراصة إلى متراصة (حسب المعيار الحكومي 46-3243).

النوع الخشبي	المحتوى من الأمتار المكعبة المتراصة في 1م^3 غير متراص عند طول القرم، بالمتر									
	25،0	33،0	5،0	75،0	0،1	25،1	5،1	2	5،2	3
	I، دائرية – رفيعة – القطر (3 – 10 سم)									
مخروطية	79،0	77،0	74،0	71،0	69،0	67،0	65،0	64،0	62،0	61،0
عريضة الأوراق	75،0	72،0	69،0	65،0	63،0	61،0	60،0	58،0	56،0	55،0
	متوسطة القطر (11 – 14 سم)									
مخروطية	81،0	79،0	76،0	74،0	72،0	71،0	70،0	68،0	67،0	66،0
عريضة الأوراق	80،0	78،0	75،0	72،0	70،0	68،0	67،0	65،0	63،0	62،0
	II، مكسرة – القطر (15 سم وأكثر)									
مخروطية	77،0	75،0	73،0	71،0	70،0	69،0	68،0	65،0	64،0	63،0
عريضة الأوراق	76،0	74،0	71،0	69،0	68،0	67،0	65،0	63،0	62،0	60،0
	III، مختلطة من الدائرية (40٪) والمكسرة (60 ٪)									
مخروطية	77،0	75،0	73،0	72،0	70،0	69،0	68،0	67،0	66،0	65،0
عريضة الأوراق	76،0	74،0	71،0	69،0	68،0	67،0	66،0	65،0	64،0	63،0

ملاحظة: عند تواجد قرم حطبية متعرجة ومتشبعة أكثر من 25٪ من العدد الكلي يُصغّر معامل الملوءة إلى 07،0 للأحطاب الدائرية وإلى 04،0 للأحطاب المكسرة وإلى 05،0 لخليط الدائرية والمكسرة.

عند استخدام الجدول (8) يجب معرفة متوسط الثخانة للقرم بالإضافة إلى طولها. حيث يمكن تحديده بالعين المجردة، أحياناً يمكن قياس عينة من القرم ومنها يستنتج متوسط الثخانة (القطر).

يمكن أن ينشأ تضارب عند استخدام الجدول القياسي للمعاملات التحويلية في التطبيقي تمس التماسك أو التراص ودقة الترصيص أو التعبئة. في مثل هذه الحالات تصحح معاملات ملوءة الخشب عن طريق الحساب التجريبي. لهذا من الجهة الأمامية للعرمة يرسم مثلث قائم الزاوية ارتفاعه يساوي ارتفاع العرمة وطوله ليس أقل من 8م. جوانب المثلث ترسم بالحوار أو الدهان حسب المتوفر. ثم يرسم وتر المثلث الذي سيشكل قطر العرمة والذي يجب أن يقطع ليس أقل من 60 وجه من وجوه القرم الحطبية.

إذا كان طول المثلث المشار إليه يشغل كامل المسافة بين القائمتين ولكن القطر المار يمس أقل من 60 وجهاً للقرم الحطبية فنعمل على رسم قطر ثاني في الكومة التالية. كما في الحالة الأولى ونجمع امتداد أوجه القرم الملامسة لكلا العرمتين ثم يقسم على مجموع طول هذين القطرين.

يتم بعد ذلك قياس طول الوجوه التي يقطعها القطر وطول القطر بشكل عام بدقة 1 سم. الأجزاء التي أقل من 3 مم تحذف، أما المساوية 3،4،5 مم فتؤخذ 5،0 سم. يجمع طول وجوه كل القطع المماسة للقطر ويقسم على طول القطر العام فنحصل على معامل الملوءة.

إذا كان معامل الملوءة الموجد يساوي أو أكبر بعض الشيء من الموضوع في الجدول للأحطاب التي لها نفس الطول والثخانة، فهذا يدل على التوضع أو الترتيب الجيد، أما إذا كان أقل فهذا يعني توضع سيء أو هش.

لتسريع العمل يمكن قياس الفراغات الموجودة على امتداد القطر المرسوم بين قرم الحطب، بتقسيم مجموع امتداد هذه الفراغات على الطول العام للقطر سوف نحصل على مقدار يعبر عن ذلك الجزء الذي يشكل الفراغات الهوائية بين القرم، بطرح هذه القيمة من واحد نحصل على معامل ملوءة الخشب لعرمة الحطب.

عند التوضع المتراص أو الكثيف الذي لا يتطابق مع معاملات ملوءة الخشب المدونة في الجدول (8)، لابد من إعادة وضع العرمة أو إعادة حساب التكعيب الحجمي للكومة، بضرب الحجم الحاصل عند القياس بناتج قسمة معامل ملوءة الخشب الواقعي على معامل ملوءة الخشب المشار إليه في الجدول المعياري للحطب.

تدرس أيضاً بالمقادير غير المتراصة القوائم المنجمية، السرتيمنتات المخصصة لتصنيع الورق والكرتون وغيرها من السرتيمنتات الصغيرة الأخرى.

تتعرض القوائم المنجمية وقت تخزينها أو بعد ذلك للتنظيف من الفروع والنموات الجذرية لذلك القرم المتكونة من القوائم المنجمية تكون أكثر تراص وتملك معامل ملوءة خشب أعلى.

لتحضير أخشاب تصنيع الورق تستخدم أجزاء الساق ذات الشكل الأكثر صحة والمنظفة بشكل جيد من النموات. عدا ذلك بعد التحضير تتعرض للتنظيف مع الإزالة الكاملة

للألياف. توضع هذه القرم الخشبية المعدة لتصنيع الورق المنظفة يكون أكثر ملوءة من الحطب والقوائم المنجمية لذلك معامل ملوءتها يكون أعلى أيضاً.

أشار المقيمين الأمريكيين: بروس وشومير إلى أنه بسبب العدد الكبير للنموات والتشققات المختلفة فإن معاملات ملوءة الخشب للقرم الحطبية هي أكثر تغيراً. معاملات ملوءة الخشب للأخشاب المعدة لتصنيع الورق أكثر ثباتاً لأنه يتم تحضيرها من الأجزاء القاعدية والوسطى للساق التي تملك شكلاً أكثر صحة ونادراً ما تتشقق.

لتحديد معامل ملوءة الخشب للأكوام المكونة من الأخشاب المعدة لصناعة الورق غير النظيفة (غير المقشرة) اقترح شومير المعادلة التالية:

$$K = 0{،}84 - 0.04N \qquad (66)$$

حيث:

N: عدد القرم المتوسط التي أوجهها تمس الناحية الأمامية للكومة في 1 قدم مربع (0،0929m^2).

عند الحساب بالمقاييس المترية تتغير معادلة شومير بعض الشيء وتأخذ الشكل التالي:

$$K=0{،}84-0{،}01N \qquad (67)$$

حيث: N: عدد القرم المتوسط التي أوجهها تلامس مساحة 61×61 سم (0،372 m^2).

من أجل كومات أخشاب الكبريت بطول من 0،61 حتى 0،81م يعتمد معامل الملوءة 0،75 حسب الجدول المعياري ولكومات الكتل الخشبية بطول من 1،25 حتى 2م – 0،73.

تحسب الأخشاب بطول 2م وأقل وفق المعيار غير المتراص بدون حساب اللحاء.

حددت في المعيار 74-2292 معاملات الملوءة من أجل تحويل المعايير الهشة إلى ممتلئة (بدون حساب اللحاء) عند التنضيد العادي للأخشاب في الكومة (الجدول 9).

الجدول 9. معاملات الملوءة لتحويل المقاييس المصفوفة للأخشاب إلى متراصة (ممتلئة).

(بدون حساب اللحاء حسب المعيار 74-2292).

النوع	معاملات ملوءة الكومات للأخشاب		
	مع اللحاء	مشذبة بشكل خشن	بدون لحاء
	أخشاب بطول حتى 1م		
التنوب، الشوح	71،0	76،0	78،0
الصنوبر	69،0		
اللاركسن	67،0		
البتولا والحور	70،0	–	79،0
زيزفون	67،0		
	أخشاب بطول 1 حتى 2م		
التنوب، الشوح	69،0	74،0	76،0
الصنوبر	67،0		
اللاركسن	65،0		
البتولا والحور	68،0	–	77،0
الزيزفون	66،0		

اقترح الباحثان الأمريكيان تشمبرلين وماييز لتحديد نسبة حجم اللحاء P المعادلة التالية:

$$P = 80(1 - K^2) \qquad (68)$$

حيث :

K: نسبة قطر الأخشاب بدون لحاء إلى القطر مع اللحاء.

من أجل تحديد المعامل K يجب قياس الأقطار بدون لحاء والأقطار مع لحاء عند 20-30 قرمة، بعدها نجمع الأقطار بدون لحاء $\sum d_w$ وتقسم على مجموع الأقطار مع اللحاء $\sum d_k$ في المحصلة نحصل على المعامل المطلوب:

$$K = \frac{\sum d_w}{\sum d_k} \qquad (69)$$

حسب معطيات هذه الأبحاث يتغير المعامل K من 0،85 حتى 0،95. أقل معامل تملكه الأنواع ذات اللحاء السميك (السنديان، الكستناء وغيرها)، أكبر معامل ذات اللحاء الرفيع (الزان، التنوب).

عند القيم المختلفة للمعامل K حجم اللحاء P سيساوي ٪:

K	0،85	0،86	0،87	0،88	0،89	0،90
P	20،20	22،80	19،40	18،00	16،60	15،20
K	0،91	0،92	0،93	0،94	0،95	
P	13،80	12،30	10،80	9،30	7،80	

أسلوب حساب حجم اللحاء الموضوع من قبل تشمبرلين وماييز، من المناسب استخدامه عند حساب الأخشاب المخصصة لصناعة الورق غير المنظفة (غير المقشرة) وعوارض المناجم.

درست ملوءة الخشب للأكوام في تشيكوسلوفاكيا من قبل عدة باحثين اللذين حددوا بمساعدة الكسيلومتر معاملات الملوءة بالخشب لـ 615 قرمة طولها 1م منظفة بشكل جيد من أخشاب الصنوبر و697 قرمة حطب مع اللحاء من الأنواع المخروطية والورقية. تبين انه مع ازدياد قطر القرم فإن معامل ملوءة الخشب يزداد وهو يكون عند التنوب والشوح (أي معامل الملوءة) أعلى مما هو عند الصنوبر. حددت معاملات ملوءة الخشب بالنسبة للأحطاب (الدائرية – غير المكسرة).

قطر القرمة، سم	7	8	9	10	11	12	13	14
معاملات ملوءة الخشب (في أجزاء المئة للواحد)								
المخروطيات	70	71	72	73	74	74	75	75
عريضات الأوراق	62	64	66	68	70	72	73	74

معاملات الملوءة للأحطاب المحضرة من أجزاء الساق غير المستقيمة، بدت أقل من معاملات ملوءة الأخشاب المعدة لصناعة الورق. وهي تملك اختلاف بالنسبة لعلاقتها بالقطر والأنواع الخشبية كما هي طبيعة التغيير عند الأخشاب المعدة لصناعة الورق.

تم الحصول على معاملات الملوءة التالية بالنسبة للأحطاب المكسرة والملساء:

قطر القرمة، سم	16	18	20	22	24	26	28	30
معاملات ملوءة الخشب (في أجزاء المئة للواحد)								
المخروطيات	71	71	72	72	73	74	74	75
عريضات الأوراق	70	71	72	73	74	75	76	76

معاملات الملوءة لأحطاب المخروطيات وعريضات الأوراق المكسرة قريبة فيما بينها، مع ازدياد الأقطار للقرم هي تزداد. تعد هذه المعاملات معايير موثوقة لحساب السرتيمنتات الصغيرة في المقاييس المخزنية (التنضيد، الترصيص، الترتيب)، أي حسب طبيعة ترتيبها في المستودعات (في كومات).

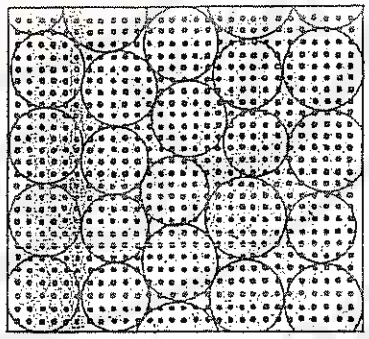
البروفيسور برودان في كتابه "Holzmesslehre" الذي يصف الطريقة الدقيقة لتحديد ملوءة الخشب لأكوام الحطب. وهي تتلخص فيما يلي: تصور الوجهة الأمامية للكومة. توضع على الصورة الحاصلة شبكة من النقط على كامل البلونكا (الطبقة الرقيقة). النقط موزعة في خطوط مستقيمة بمسافات متساوية عن بعضها بعضاً.

يجب تقسيم عدد النقاط التي تغطي أوجه مقاطع القرم على العدد الكلي للنقط التي تغطي الصورة. في النتيجة نحصل على معامل ملوءة الخشب.

على (الشكل 40) المأخوذ من كتاب البروفيسور برودان، يقع على حصة المقاطع الوجهية 695 نقطة أما العدد الكلي للنقط 810.

من هنا نستنتج بأن معامل ملوءة الخشب لعرمة الحطب:

$$858 : K = 695 : 810 = 0$$



الشكل 40. شبكة نقطية لتحديد ملوءة الخشب في الكومة.

الأسلوب النقطي لتحديد ملوءة الخشب يمكن أن يكون له أهمية عملية في المستودعات الكبيرة الآلية وعند حساب الأخشاب على رصيف السكك الحديدية أو عندما يكون هناك رزم من الأخشاب وإرساليات أخرى.

تدرس بالمقياس المستودعي (غير المتراص) أيضاً الفروع. بسبب عدم صحة شكلها لم يتسنى وضعها بشكل متراص في الكومة، لذلك هي تملك معاملات ملوءة خشب متدنية. هي للفروع الثخينة (بقطر 6سم) معامل الملوءة يساوي 4،0، وللرفيعة (بقطر3سم) -2،0.

بهذا الشكل أكبر معامل ملوءة تملكه الأخشاب المخصصة لصناعة الورق، الأقل قوائم المناجم، أقل منها الأحطاب وأقل شيء الفروع والأغصان الصغيرة (الرفيعة).

* * *

الفصل الثالث

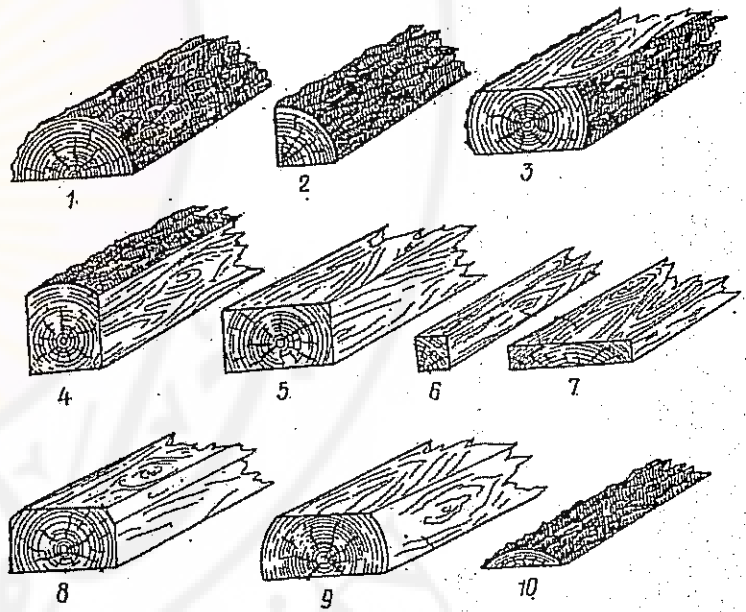
قياس الأخشاب المنشورة، المنحوتة والأشكال الأخرى للمنتجات الغابية

chip-n-saw and other product ، wood chips،Measuring lumber types

3-1 قياس الأخشاب المنشورة Measuring tumber:

لابد لنا في البداية من معلومات عامة لوصف هذه الأخشاب.

تقسم الأخشاب المنشورة إلى أنصاف الجذوع، أرباع الجذوع، عارضة بحافتين، ثلاث وأربع حواف، رباعية، ألواح منشورة، ألواح محدبة (الشكل 41).



الشكل 41. النماذج الأساسية للأخشاب المنشورة.

1. أنصاف الجذوع، 2. أرباع الجذوع، 3. عارضة بجانبين مستويين، 4. عارضة بثلاث وجوه مستوية، 5. عارضة مستوية الوجوه، 6. رباعية، 7. لوح خشبي، 8و9 عوارض، 10. الجزء المحيطي للجذع.

الصفائح (أنصاف الجذوع): يتم الحصول عليها من نشر الجذع حسب المحور الطولي إلى جزأين متماثلين، **أرباع الجذوع** عند تقسيم كل نصف إلى جزأين متماثلين على المحور الطولي.

العوارض: تسمى الأخشاب التي عرضها وسماكتها أكثر من 10سم بالعوارض. طبقاً لعدد الجوانب المنشورة نميز عوارض بجانبين، ثلاث وأربع جوانب، حسب شكل المقطع العرضي حادة ومدببة الحواف.

الرباعيات (عوارض رباعيات الجوانب): تشكل أيضاً من الأخشاب المنشورة، والتي سماكتها لا تتجاوز 10سم.

تنسب إلى **الألواح المستوية:** الأخشاب المنشورة التي سماكتها أيضاً لا تزيد عن 10سم، لكن عرضها يفوق سماكتها بمرتين أو أكثر. تسمى الجوانب العريضة للألواح والعوارض بالصفائح أو الرقائق (أوجه اللوح)، الجوانب الضيقة – بالحواف، خطوط تقاطع الصفائح مع الحواف – الأضلاع.

يمكن أن تكون الحواف عند الأخشاب المنشورة غير منشورة أو منشورة، على كل الطول أو جزء من الطول بشكل متعامد مع كلا الوجهين العلوي والسفلي (الصفائح). طبقاً لذلك تقسم الأخشاب المنشورة إلى **مشذبة** التي لديها كل الجوانب منشورة (محفوفة) على كل الطول أو ليس أقل من نصف الطول، **وغير مشذبة** التي لديها الأضلاع نهائياً غير محفوفة أو منشورة بأقل من نصف طولها. تملك الأخشاب المنشورة شكل هندسي متوازي مشذب بشكل نظيف (دقيق).

العوارض: عبارة عن شكل خاص للأخشاب المنشورة تملك مقطع عرضي ضخم وتستخدم كدعامات تحت قضبان السكك الحديدية.

تقسم العوارض إلى فئتين أساسيتين: مشذبة (A) وغير مشذبة (B). العوارض غير المشذبة تنشر فقط من جهة واحدة من مقطع العارضة، أما المشذبة من جهتين أو أكثر.

تنشر الألواح من وسط الكتل الخشبية العريضة والتي تبتعد عن قلب الساق. تقسم العوارض حسب شكل مقاييس المقاطع العرضية إلى نماذج. تحضر من العوارض تبعاً لاستخدامها ثلاث نماذج 1- للطرق الرئيسية. 2- لطرق المحطات والطرق الفرعية. 3- للطرق الفرعية للمؤسسات الصناعية.

يسمى الجزء المحيطي المقطوع من الجذع **باللوح المحيطي** الذي يبقى عليه السطح غير مشذب (غير معد).

الباركيت: تسمى القطع الخشبية الصغير المنشورة من الأنواع الورقية القاسية التي تستخدم لتغطية الأرض بالباركيت. يحسب الباركيت بالأمتار المربعة.

تنضد الأخشاب المنشورة في المستودعات الغابية وعلى الموانئ في كومات. توضع الألواح الخشبية المختلفة الطول والعرض والسماكة في المستودعات الكبيرة والموانئ في كومات مختلفة. تمتلك كل كومة رقم خاص وتدون في الاستمارات الحسابية عدد الألواح في الكومة. مثل هذا التنظيم لتصنيف وترتيب الألواح يسهل حسابها وكل العمليات المستودعية المرتبطة بترويج الأخشاب المنشورة.

تحسب العوارض بالقطعة وأحيانا حسب الحجم. عند استلام وتسليم العوارض من الضروري تحديد نموذجها بمساعدة بطاقات التعريف (النمذجة)، المقاييس والشكل والتي توافق المقاطع الموضوعة لكل نموذج. عند استقبال فقط تلك العوارض المقطوعة حديثاً يجب إعطاء زيادة مقابل الحفاف ليس اقل من 5مم فوق المقياس المحدد.

عند تسليم العوارض إلى المستودعات يجب وضعها في كومات على بطانات (ألواح أساس) بالشكل الذي يمكن رؤية كل العوارض من الوجهين وتصنيفها حسب الأنواع والنماذج. يجب وضع العوارض في أماكن جافة تقع على مرتفعات، بعيدة عن الأخشاب القديمة ونفايات البناء وغيرها. في الشتاء يجب بشكل مسبق تنظيفها من الثلج، في الصيف – حش الأعشاب. المسافة بين الكومات يجب أن تكون 1م مع فراغ خلال كل 5 صفوف 4م. يجب أن تكون المساحة التي توضع عليها العوارض مريحة للتحميل والتفريغ والشحن.

تحديد حجم الأخشاب المنشورة أسيل بكثير من الأخشاب المدورة. تملك الأخشاب المنشورة على الأغلب شكل هندسي حقيقي لذلك يمكن أن يوجد حجمها عن طريق ضرب الطول بالعرض بالارتفاع:

$$V = S\,T\,L \qquad (70)$$

حيث:

S: عرض الأخشاب المنشورة (سم).

T: السماكة (سم).

L: الطول (م).

إجراء مثل هذه الحسابات من الناحية العملية في كل حالة يكون معقداً، لذلك شُكِّلتْ جداول دونت فيها حجوم الأخشاب المشورة ذات الأطوال والسماكات والعرض المختلفة.

أوجدت جداول تحديد حجم الأخشاب المنشورة في الدليل العام (64 -5306)، جزء من هذا الجدول معروض في الجدول 10.

الجدول 10. حجم الألواح والعوارض بسماكة 45 مم وعرض من 10–15 سم وطول حتى 9 م.

عرض الألواح والعوارض، مم	طول الألواح والعوارض (م)								عرض الألواح والعوارض، مم
	1	4	5،4	5	5،6	7	5،8	9	
	الحجم ($م^3$)								
100	00450،0	0180،0	0202،0	0225،0	0292،0	0315،0	0382،0	0405،0	100
110	00495،0	0198،0	0223،0	0248،0	0322،0	0346،0	0421،0	0466،0	110
130	00585،0	0234،0	0263،0	0292،0	0380،0	0410،0	0497،0	0526،0	130
150	00680،0	0270،0	0304،0	0328،0	0439،0	0472،0	0574،0	0608،0	150

ميزة جداول حجوم الأخشاب المنشورة أمام جداول حجوم الجذوع تنحصر في أنه بواسطتها يمكن إيجاد حجوم أخشاب منشورة لها مقاييس ليس مشار إليها في الجدول بإجراء بعض الحسابات الإضافية. إذا كان المطلوب مثلاً: تحديد حجم الألواح بطول 3م، فإنه يكفي طرح حجم الألواح بطول 4م من الالواح بطول 7م أو مضاعفة الحجم ثلاث مرات للألواح بطول 1م. من أجل اختصار الأعمال الحسابية، تستخدم جداول مساعدة يشار فيها إلى عدد الألواح ذات المقاييس المختلفة الموجودة في $1م^3$.

تحدد للأخشاب المنشورة علاوة الجفاف في العرض والارتفاع، مما يستوجب دراسته عند الاستلام. يتراوح حجم هذه الإضافة 5،2–7٪. زد على ذلك أنه مع ازدياد عرض وسماكة الأخشاب المنشورة تتناقص الإضافة (العلاوة).

لايدخل الحجم التكعيبي للإضافات في الحسابات للأخشاب المنشورة. مثال: الألواح التي تملك عرض واقعي 205 مم. الفرق 5مم في هذه الحالة هو فرق لعامل الجفاف.

حددت المقاييس المعتمدة للأخشاب المنشورة في الجداول المعيارية للخشب الذي يملك رطوبة مطلقة 15٪. وضعت مقاييس معيارية للأخشاب المنشورة في الجداول المعيارية حيث وضعت مقاديرها في معايير مستقلة.

عند تحديد التكعيب الحجمي للألواح غير المحددة الجوانب يجب قياس عرضها في منتصف الطول، لأن عرض الألواح غير المحفوفة على الجانبين اليميني واليساري يمكن أن يكون غير متماثل، مما يستدعي عند قياسها أخذ المتوسط بين عرضي الناحيتين.

يعين حجم الألواح غير المحددة حسب طولها، عرضها وارتفاعها بمساعدة الجداول نفسها التي تستخدم للأخشاب المنشورة المحددة.

عند العوارض ذات النهاية المستوية، المقطع العرضي يكون إما مربعاً أو مستطيلاً، لذلك تحسب مساحتها عن طريق حل مسألة هندسية بسيطة.

العوارض ذات النهاية المنفرجة لا تملك في مقطعها العرضي رؤوس زوايا، لذلك فإن مساحة هذه المقاطع العرضية تظهر أقل من المربع أو المستطيل المطابق.

لتحديد المساحة القاعدية للعارضة ذات النهاية المنفرجة يجب ضرب عرضها a بارتفاعها b ومن الناتج يتوجب طرح مساحة أربع مثلثات غير مكتملة (منقوصة) متساوية الساقين قائمة الزوايا والتي عندها أحد الجوانب -L- يعتبر وتراً، مساحة هذه المثلثات في المجموع تساوي L^2. معادلة تحديد المساحة القاعدية للعارضة المنفرجة النهاية هي التالية:

$$\gamma = ab - \ell^2 \qquad (71)$$

حجم العارضة ذات النهاية المنفرجة يساوي:

$$V = \left(ab - \ell^2\right).L \qquad (72)$$

عند تحديد حجم العارضة ذات النهاية المنفرجة بهذه المعادلة يؤخذ المقطع العرضي في وسط العارضة.

يمكن إيجاد حجم العوارض ذات النهايات المستدقة بجداول الحجوم العادية للأخشاب المنشورة أو حسب المعادلة (70).

يمكن التعبير عن مقدار ℓ^2 بالنسبة المئوية من المقطع العرضي للعارضة ذات النهاية الحادة:

$$P = \frac{100\ell^2}{ab} \qquad (73)$$

في هذه الحالة عند ايجاد حجوم العوارض ذات النهايات المنفرجة يجب عمل التخفيض المناسب بالمائة من الجداول الحجمية تبعاً لمقدار الزوايا المنقوصة.

إذا كان مقدار ℓ عند العوارض يشكل أكثر من $\frac{1}{5}$ سماكتها a، فإن مساحة المقطع العرضي توجد حسب المعادلة:

$$\gamma = \frac{u^2}{4\pi} = \frac{u^2}{13} \qquad (74)$$

حيث u: محيط مقطع العارضة في وسطها.

عند تحديد حجوم العوارض ذات النهايات المنفرجة يمكن أخذ نصف مجموع المقطع السفلي والعلوي مكان مساحة المقطع الوسطي التي نجدها بنفس الأسلوب. ميزة هذا التبديل تنحصر في أنه يتم القياس بشكل مريح أكثر من الأوجه بالمقارنة مع وسط العوارض.

يحدد حجم الجزء المحيطي من الجذع بالمعادلة التالية:

$$V = g_{0{,}4L}.L \qquad (75)$$

حيث: L: طول الجزء المحيطي من الجذع.

$g_{0{,}4L}$: مساحة مقطع الجزء المحيطي المأخوذ على 0،4 للطول من النهاية العريضة للجزء المحيطي للجذع.

تحدد مساحة المقطع العرضي للجزء المحيطي للجذع بالمعادلة التالية:

$$g = \frac{2}{3}at \qquad (76)$$

حيث: a: عرض الجزء المحيطي.

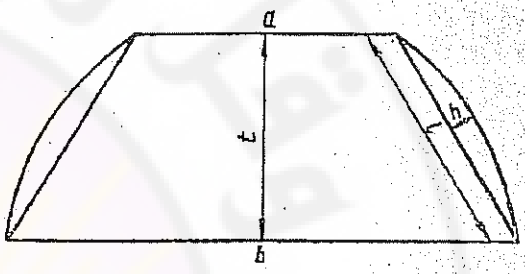
t: السماكة.

لتحديد حجم العوارض التي تستخدم تحت قضبان السكك الحديدية تستخدم المعادلتين (20)، (21):

$$V = \gamma.L \quad و \quad \frac{g_0+g_\pi}{2}.L$$

لإيجاد مساحات المقاطع العرضية لوجه المقاطع لابد من تقسيمها إلى أجزاء مستقلة وتحديد مساحة كل من هذه الأجزاء. الأكثر مناسباً في المقطع الوجهي للعوارض رسم معين منحرف

(الشكل 42). عندئذٍ تحديد مساحة المقطع العرضي يتم بتحديد مساحة المعين المنحرف ومقطعي الدائرة الجانبيين:



الشكل 42. تحديد مساحة المقطع العرضي للعارضة.

$$g = \frac{a+b}{2}t + \frac{2\times 2\ell h}{3} = \frac{a+b}{2}t + \frac{4\ell h}{3} \qquad (77)$$

حيث:

a: عرض السطح الخارجي (السطح العلوي).

b: عرض السطح الداخلي (السطح السفلي).

t: سماكة العارضة.

ℓ: طول النواحي غير المتوازية للمعين المنحرف المرسومة في المقطع العرضي للعارضة.

h: سماكة مقاطع الدائرة الجانبية.

3-2- الفضلات والضائع من الخشب Wood Leftover:

يرافق تصنيع الأخشاب المنشورة بشكل حتمي فضلات الخشب والفقد منه. يتعلق ناتج المنتجات المنشورة بمستوى النشر، طريقة النشر، مقياس الجذوع، نوعيتها، مقاييس الأخشاب المنشورة المصنعة وأسباب كثيرة أخرى.

حسب معطيات البروفسور بيموتسكي عند نشر الجذوع بسماكة 20-22 سم إلى ألواح نظيفة محددة فإن ناتج المنتجات المنشورة يشكل 61٪ من الحجم الكلي للجذوع، الفضلات 33٪ والمفقود أو الضائع 6٪.

حسب الأنواع المستقلة للمنتجات والفضلات يعتمد حجم الجذع كـ 100٪، يوزع بالشكل التالي٪.

ألواح بطول 4م وأكثر..... 50

ألواح بطول من 1 حتى 5،3م 5

سرتيمنتات صغيرة (قطع وشرائح)..... 6

نشارة..... 11

ألواح محيطية للحطب وشرائح..... 20

مقاطع وجوه..... 2

ضياع ومسحوق الخشب..... 6

يتعلق ناتج الأخشاب المنشورة بقطر الجذوع المنشورة (يوجد علاقة طردية بينهم).

حسب أبحاث أكاديمية تكنولوجيا الأخشاب الليننغرادية باسم كيراڤا حصلوا على النواتج التالية من الألواح النظيفة المقصومة من جذوع ذات أقطار مختلفة.

قطر الجذع (سم)	14	16	20	24	28	32	36	40	44
ناتج الألواح المقصوصة المحفوفة من حجم المادة الخام (٪)	1،53	8،54	6،57	4،59	6،60	5،61	3،62	1،63	9،63

يجب إعارة الاهتمام هنا إلى أن الزيادات التي تضاف إلى طول أو سماكة الجذوع عند تسليمها أو شحنها والتي تشكل 1٪ من حجم الجذوع لاتدخل في التكعيب الحجمي للأخشاب المنشورة الناتجة.

عند نشر الجذوع إلى عوارض يشكل ناتج العوارض: 52-60٪، الألواح 8-15٪، الأجزاء المحيطية للجذوع 7-15٪. كما أنه من 1م^3 قرمة عارضية يمكن تصنيع خمس عوارض بالمتوسط.

3-3 قياس الأخشاب القالبية والمنحوتة والمكشوطة والمقشرة Measuring Broken hews:

ينتمي إلى السرتيمنتات القالبية: أضلاع البراميل، القوالب الخشبية، الأطر الحلقية الخشبية، البرامق أو الأشعة، الزلاقات الخشبية والعوارض المخصصة لسرتيمنتات يتوجب اعتبارها قالبية لأن الجزء الأكبر منها يصنع بطريقة النشر.

الحفر أو النقش: عملية صعبة جداً، تترافق مع كمية كبيرة من الفضلات، تصل إلى 88٪ من حجم المادة الأولية (على سبيل المثال لدى تصنيع القوالب أو السبائك).

أضلاع البراميل: عبارة عن قوالب وعوارض قائمة الزوايا مخصصة لتصنيع البراميل، لتصنيع قاع البرميل ناتج الأضلاع الخشبية يشكل حوالي 30-40٪ من حجم المادة الأولية.

القوالب أو السبائك الخشبية: وهي قطع الساق المنحوتة بفأس النجار والتي تملك شكل المصنعات الناتجة عنها.

الطوق: هو جزء الدولاب الخارجي الخشبي الذي تمسك به البرامق. يمكن أن يكون الطوق قوساً كاملاً أي مصنع من عارضة واحدة مقطوعة أو في شكل عوارض مؤلفة من عدة قطع أو أجزاء منشورة.

المزلقة الخشبية: تصنع عن طريق حف وبردغة أنصاف وأرباع الجذوع.

3-4 وحدات الحساب وتحديد حجم الأخشاب القالبية والمنحوتة:

عند استلام وتسليم القوالب، أضلاع وقيعان البراميل يجب أن تكون في خلايا (تربيعات) مستقلة بصفوف متقاطعة (متصالبة).

يتم الاستلام عن طريق الكشف وقياس العينة التي تشكل 10٪ من الدفعة المستلمة.

تحسب القوالب بالقطعة أو بالأمتار المكعبة المتراصة. يحدد حجم القالب بجداول خاصة.

عند تحديد الحجم التكعيبي للقالب أو السبيكة يحسب عرضها بدقة حتى 1سم، لاسيما وأن الأجزاء أقل من 5،0 سم تحذف، أما الأجزاء أكبر من 5،0 سم فتؤخذ كسنتيمتر كامل.

يمكن ايجاد حجم أضلاع البراميل كبقية المصنعات الخشبية الأخرى التي تملك شكلاً غير صحيح (أي غير هندسي) بالطريقة الوزنية: نقسم كتلة المصنعات الخشبية على كثافة النوع الخشبي المعطى، فنحصل على حجم المصنعات بالأمتار المكعبة.

يُحسَبُ حجم السرتيمنتات التي تملك شكلاً معقداً عن طريق القياسات الدقيقة للأجزاء المستقلة لمثل تلك المنتجات الذي يعتبر قيمة ثابتة ويشار إليه في المعايير الخاصة بها (يوجد معايير خاصة بها).

يتم استلام الأطواق أو الأطر عن طريق الكشف بالقطعة والقياس. يسمح أيضاً بالاستلام الجزئي أو الاختياري – قياس عينة تشكل ليس أقل من 5٪ من الدفعة المستلمة.

يجري جرد الأطر بالطقوم (مجموعات متكاملة): بطوق واحد، بأربع أطر (أي اختيار إطار واحد أو اثنين أو أربعة من مجموعة). تحسب المزالق كل زوج بشكل مستقل.

3-5- قياس الأشكال الأخرى للمنتجات الخشبية:

القشرة المكشوطة: واحدة من أثمن أنواع المنتجات الناتجة عن الأنواع ذات الأوراق القاسية. يحضر عن طريق كشط القطع الخشبية على مخارط خاصة وتستخدم لتلبيس المؤبيليا.

توضع صفائح القشرة المكشوطة المجففة حسب أنواعها وأشكالها في رزم. يقاس عرض صفائح القشرة بدقة حتى 1سم في وسط طول الصفيحة الوسطى في الرزمة، سيما وأن الأجزاء أقل من 5،0سم تحذف وأكثر من 5،0 سم تعتمد كسنتيمتر كامل.

يقاس طول خشب القشرة بدقة حتى 1،0م، لاتحسب الأجزاء أقل من 5سم، أما الأجزاء 5سم وأكبر فتؤخذ في الحساب 10سم (1،0م).

تقاس سماكة خشب القشرة على مسافة 25سم من نهايات الصفيحة، تحسب أخشاب القشرة بالأمتار المربعة ($م^2$).

يعتبر الخشب المعاكس أو خشب الرقائق من أكثر السرتيمنتات انتشاراً، حيث يحسب بالأمتار المكعبة والمربعة. يحدد حجم صفيحة واحدة بدقة 00001،0$م^3$، أما حجم الرزمة فحتى 01،0$م^3$.

تحسب مساحة صفيحة مستقلة من القشرة بدقة حتى 01،0م^2، ومساحة مجموعة من الصفائح حتى 5،0م^2. تدون نتائج القياس على شكل كسر: في البسط – الحجم، وفي المقام – مساحة صفائح خشب الرقائق.

نحصل من الخشب أيضاً على الفحم الخشبي الذي يستخدم في الصناعة الفلزية، لأكوار الحدادين، لمولدات الغاز وللاحتياجات المنزلية. يشكل ناتج الفحم 50–60٪ من حجم الخشب المحروق.

يشكل المتر المكعب المعبأ من فحم الصنوبر كتلة 135–145 كغ، التنوب 120–130 كغ.

يستخدم بشكل واسع أيضاً لحاء كثير من الانواع الخشبية: لدباغة الجلود (لحاء السنديان)، لتحضير المواد الطيارة (البتولا وأنواع أخرى)، للمواد المطحونة، لصفائح العزل الحراري (السنديان الفليني، phellodendron amurense)، للحصول على الزيت (التيليا Tillia). يصنع من لحاء بعض الأنواع الخشبية مواد كيميائية قيمة، القطران (لحاء البتولا) وغيرها.

يكبس اللحاء المختار للإرسال عن طريق القطار في رزم بوزن حتى 80كغ. تجرى الحسابات بالكتلة (في الأطنان)، رطوبة اللحاء يجب ألا تتجاوز 20٪.

متوسط ناتج اللحاء من 1م^3 متراص من خشب الأنواع المختلفة هو التالي: (بالكغ):

النوع	الحالة	
	رطبة	جافة هوائية
سنديان	32 – 40	20 – 24
تنوب	40 – 48	25 – 27
لحاء شجرة البتولا		13
التيليا tillia: الألياف اللبية	45	
التيليا tillia: الألياف الجافة		25 – 32
Phellodendron amurense		4

كتلة 1م^3 من لحاء السنديان في الحالة الرطبة = 22،0 طن، في الحالة الجافة 13،0 طن، لحاء التنوب بالمقابل 56،0 و 28،0 طن، كتلة 1م^3 فلين تعادل 25 كغ.

الباب الثالث

قياس الأشجار النامية بمساعدة

الجداول الحجمية

Measuring live trees usig volume tables

الفصل الأول

قياس الأشجار النامية

1-1- قياس الأشجار النامية Live tree measurement properties:

عند تحديد حجوم الأشجار النامية بشكل مستقل أو مجموع الأشجار النامية يتوجب الأخذ في الحسبان ليس فقط الاختلافات الكمية ولكن أيضاً الاختلافات النوعية للمواضيع (المجموعات الشجرية).

تُظهِرُ دراسة مسألة خصائص الأخطاء بأن الأشجار المستقلة ومجاميعها يعتبران مواضيع حساب مختلفة.

يملك الجزء السائد في المجاميع مقاييس متوسطة. يتناقص عدد الأشجار على قدر الانحراف في هذه أو تلك الناحية عن المقاييس المتوسطة. تشكل الأشجار ذات القياسات الأكبر والأصغر جزءاً غير كبير في مجموعة الأشجار. يلاحظ عند توزيع الأشجار حسب المقاييس في المجموعات قاعدة إحصائية خاصة.

يوصف توزيع الأشجار في المجموعات حسب المقاييس على الأغلب بخط يسمى في منهاج إحصاء الاحتمالات منحني التوزيع الطبيعي (انظر الشكل 1). بمعرفة مقاييس الأشجار المتوسطة واستخدام المعطيات التجريبية التي تحدد الانحرافات التربيعية الوسطى عن المقاييس المتوسطة يمكن تشكيل صفوف التوزيع الأكثر احتمالاً في مجموعة الأشجار حسب المقاييس.

قياس الغابات على الأغلب له شأن مع الكميات الكبيرة من الأشجار أو الجذوع. عند حساب هذه الكميات الكبيرة تدخل كل واحدة منها في التركيب كوحدة مشاهدة أولية تسمى احتمال، تقاس بتقريب معين، لذا نحصل على أخطاء معنوية. وهكذا عند جرد الأشجار النامية، تقاس الأقطار بصفوف الأقطار ذات الأربع سنتيمترات، لذلك نحصل على قيم تقريبية. عند قطر الأشجار 20سم، هذا التقريب يمكن أن يؤدي إلى خطأ، يشكل للسوق المنفردة حتى 10٪ من قطرها. عند حساب المقطع العرضي هذا الخطأ يمكن أن يكون أكبر بمرتين، أي يصل لـ 20٪.

الخطأ عند تحديد ارتفاع الأشجار المستقلة القريب إلى 10٪ يؤدي إلى خطأ تجميعي في حجم الأشجار المستقلة يشكل 15-20 ٪ وأكثر عند استخدام الطرق غير الدقيقة في حساب الأشجار. غير أنه تبعاً لقانون الأعداد الكبيرة هذه الأخطاء عند الأشجار المنفردة ستكون ذات إشارات مختلفة ولذلك ستكون دقة نتيجة الحساب الحاصلة مقبولة.

يمكن أن تكون مواضيع القياس أيضاً أشجاراً مستقلة مقطوعة ونامية، أخشاب مستقلة محضرة منها وغيرها. عند حساب الأشجار المستقلة لا يمكن السماح بتلك التقريبات غير الدقيقة والأخطاء العرضية التي يمكن تحملها عند جرد عدد كبير من السوق، الجذوع وغيرها.

إذا كانت الشجرة المنفردة أو جزء الغابة المستقل تشكل مواضيع حساب معزولة بشكل كامل، غير مرتبطة مع الأشجار أو الأجزاء الأخرى، ليس لها قوة تأثير متبادلة، لا يحدث أخطاء عند حسابها.

نفترض أنه كمثال نموذجي: قطعت شجرة واحدة وأوجد حجمها بخطأ ±5٪. في الجزء المقيم يوجد 500 شجرة مماثلة. بضرب حجم الشجرة المقطوعة بالعدد الكلي للأشجار نوجد الاحتياطي الخشبي لـ 500 شجرة. بهذا الشكل الخطأ في حجم الشجرة المقطوعة بشكل أوتوماتيكي يوزع على كل الأشجار المتبقية.

نستنتج: بأن الشجرة المستقلة والتي تعتبر نموذج مثالي يصف العدد الكبير للأشجار المستقلة يجب أن تقيم (تقاس) بدقة متناهية. في هذه الحالة لا يمكن التقيد بقياس واحد للقطر بدقة ±2 سم. كما يعمل هذا عند الجرد العادي للأشجار النامية، وإنما من الضروري قياسه على امتداد الساق عدة مرات (في عدة اتجاهات).

حتى نجد حجم شجرة نامية قدر الإمكان بدقة عالية لا بد من قياس قطرها على ارتفاع الصدر في عدة اتجاهات وحساب المتوسط. بعد ذلك يجب تحديد الارتفاع ومن ثم تحديد أقطار الساق على ربع ومنتصف ارتفاع الساق بهذا أو ذاك الأسلوب. بهذا الشكل القياسات الحراجية كاختصاص علمي يجب أن تضع أساليب جرد شاملة بسيطة من أجل تقييم المجموع (الكل) وأساليب حساب دقيقة من أجل قياس الأشجار المستقلة وأجزائها وكذلك الأجزاء الغابية المستقلة.

1-2- معاملات الشكل (معدّلات الشكل) Shape indices:

في استقصاء أكثر الأساليب العلمية لتحديد حجوم السوق الخشبية وقوانين تغييرها كان من الملائم في بداية القرن التاسع عشر، مقارنة حجوم السوق مع حجوم الأسطوانات. في النتيجة تم الحصول على معامل خاص يسمى بمعامل الشكل (معدل الشكل). تم إدخال معدلات الشكل في القياسات الغابية (عام 1800م) وهو مرتبط باسم العالم باولسن (Paulsen، chr، I).

معامل الشكل: هو نسبة حجم الساق إلى حجم الاسطوانة التي لها نفس الارتفاع ومساحة مقطع الساق.

- في المراجع القياسية الألمانية، أعطي مثل هذا التحديد لمفهوم معامل الشكل من قبل العالم تيشيندورف [Tischendorof W. ،Lehrbuch der Holsmassener mittung...Berlin 1927] وهو لا يستوعب كل الحالات الممكنة لإيجاد معامل الشكل.

نظراً لهذا اقترح العالم أوتوديتمير [Oto detemer] التحديد التالي:

(معامل الشكل كعامل تصغير للحجم –في شكله العام– هو نسبة الحجم الحقيقي للساق إلى حجم الأسطوانة التي لها نفس ارتفاع الساق وقاعدة تساوي مساحة المقطع المأخوذ على أي ارتفاع في الجزء السفلي للساق).

هذا التحديد أيضاً لا يمكن اعتباره وافياً (كافياً) لكل حالات إيجاد معاملات الشكل (معدلات الشكل). مع أخذ ذلك بعين الاعتبار، يمكن إعطاء معامل الشكل كمفهوم التحديد الدقيق التالي الذي يشمل كل الحالات الممكنة لإيجاد معدل الشكل: هو نسبة حجم الشجرة أو أجزائها إلى حجم الأسطوانة التي لها ارتفاع يساوي ارتفاع الشجرة وقاعدة أو أساس يساوي مساحة مقطع الساق المأخوذ على هذا أو ذاك الارتفاع (h) في الجزء السفلي للساق.

إن استخدام مصطلح "معدل الشكل" يتوجب دراسته كمحاولة لوصف مظهر الشجرة من خلاله، شكلها الخارجي ودرجة تقارب هذا الشكل إلى الجسم الهندسي الحقيقي– (الأسطوانة). غير أن معدلات الشكل الموجدة لكل الشجرة مع التاج لا تعطي تصوراً عن الشكل الواقعي للساق، وإنما تملك فقط قيمة معامل تحويل معين لحساب الحجم العام للشجرة.

يشكل معامل الشكل المقدر للساق الخشبية مؤشراً واضحاً لشكله. طبقاً للتحديد الوارد. يمكن إيجاد معدل الشكل تبعاً لذلك بالعلاقة:

$$F = \frac{V_s}{V_c}$$

عند تحديد معاملات الشكل يمكن اخذ الحجوم مع اللحاء وبدون اللحاء. ويمكن إضافة الحرف u إلى الرمز في الحالة الأخيرة، مثال: vu أو fu.

يمكن أن يعبر عن (h)– طول قطعة الساق من الأرض حتى المقطع العرضي الذي يشكل أساساً لإنشاء الأسطوانة بالمقادير المطلقة أو النسبية. وتؤخذ على الأغلب القطعة (h) بطول 1،3م.

معاملات الشكل (معدلات الشكل): نسبة حجم الساق إلى حجم الاسطوانة التي لها نفس الارتفاع ومساحة القاعدة مع الساق تسمى بمعاملات الشكل الثابتة (بمعدلات الشكل الثابتة). وهي تحدد بالعلاقة التالية:

$$F = \frac{V_s}{V_c} \qquad (78)$$

وتبعاً لهذه المعادلة فإن حجم الساق يساوي:

$$V_s = f.V_c \qquad (79)$$

يمكن إيجاد المعاملات الشكلية القديمة ليس فقط للساق ولكن للشجرة بشكل كامل وللفروع وغيرها.

عندما يكون المقطع العرضي الذي يشكل أساس الأسطوانة مأخوذاً على ارتفاع معبراً عنه بأجزاء الارتفاع الكلي للشجرة (iH،(b=o نحصل على معاملات شكل تنتسب إلى فئة الطبيعية سماها البروفيسور بريسلير (Bresler) منذ أكثر من مائة سنة **معاملات الشكل الحقيقية.**

تؤخذ النسبة i،o مساوية لـ $\frac{1}{20}$ = 0،05 أو $\frac{1}{10}$ = 0،10، نحصل في الحالة الأخيرة على معاملات كاكينادل (kakenadel) الشكلية والتي سميت أيضاً بالحقيقية.

إذا أخذ كأساس للاسطوانة المقطع العرضي عند تلامس الشجرة مع الأرض فنحصل على معامل شكل يسمى بالمطلق، وكان قد اقترحه العالم رينيكير (Reneker).

تملك السوق الخشبية في الجزء القاعدي نموات جذرية تشوه شكل الساق وتصعّب من تحديد المقاطع العرضية، في هذه الحالة يكون مقدار النموات الجذرية متغيراً بشكل كبير. تبعاً لهذه الأسباب لم تجد معاملات الشكل المطلقة استخداماً في عملي إدارة الغابات.

إن المنحني البياني الذي يشكل مرتسم الساق الخشبية كما نعرف يوصف بالمعادلة (9):

$$Y^2 = Ax^m$$

لهذا يمكن إعطاء المعادلة التي تحدد معامل الشكل القديم الشكل التالي:

$$f = \frac{1}{m+1} \cdot \left(\frac{1}{1-\frac{h}{H}}\right)^m \qquad (80)$$

بتحليل هذه المعادلة يمكن التوصل إلى النتيجة التالية: بأنه عند نفس الشكل للسوق ستكون معاملات الشكل القديمة مختلفة بالقيمة بسبب اختلاف ارتفاع الأشجار تبعاً للمعادلة (80) فالسوق الخشبية التي لها شكل قطع مكافئ سيكون لها معاملات شكل مختلفة تبعاً لارتفاعها كما يلي:

ارتفاع الساق (م)	10	15	20	25	30
معامل الشكل	575،0	550،0	535،0	530،0	522،0

من هنا يمكن أن نستنتج بأنه: عند نفس الشكل للسوق تتناقص معاملات الشكل مع ازدياد ارتفاعها. لتحاشي العيب الموضح في العلاقة المدونة أعلاه، نبدل تناسب الارتفاع h/H بمقدار ثابت 1/20. في هذه الحالة تأخذ معادلة تحديد معامل الشكل الشكل التالي:

$$f = \frac{1}{m+1} 1{،}05^m \qquad (81)$$

سميت معاملات الشكل التي يتم إيجادها بواسطة هذه المعادلة **بمعاملات الشكل الطبيعي.**

بالنسبة للقطوع المكافئة بأي ارتفاع سيكون لمعاملات الشكل الطبيعية قيمة ثابتة تساوي 526،0. غير أن استخدام معاملات الشكل الطبيعية صعب لأنه في كل مرة يجب وضع نسبة H/20 وبعد ذلك قياس قطر الساق على هذا الجزء من الارتفاع. عدا ذلك أثبتت الأبحاث بأن معاملات الشكل الطبيعية تتغير في حدود كبيرة ووضع قوانين تغييرها ليس أقل صعوبة من معاملات الشكل القديمة.

لم تحصل معاملات الشكل الطبيعية على استخدام تطبيقي واسع، لذلك تم اقتراح معاملات شكلية ثابتة للسوق ذات الشكل المحدد والتي سميت **بمعاملات الشكل المطلقة.**

عند حسابها تُعتَمد مساحة مقطع الساق على ارتفاع الصدر كأساس كما للساق الخشبية كذلك للأسطوانة. يتخذ ارتفاع الساق والأسطوانة مساوياً للارتفاع الواقعي للساق ناقصاً بـ 3،1م.

حساب معامل الشكل بهذا الأسلوب سيساوي للسوق التي تملك شكل قطع مكافئ:

الفرق بين معاملات الشكل كلن سم

$$F = \frac{\frac{\pi}{4}D^2\frac{H}{2}}{\frac{\pi}{4}D^2H} = \frac{1}{2}$$

من أجل السوق ذات الشكل المكروطي تساوي:

$$F = \frac{\frac{\pi}{4}D^2\frac{H}{3}}{\frac{\pi}{4}D^2H} = \frac{1}{3}$$

من أجل قطع نيلويد

$$F = \frac{1}{4}$$

من أجل كل الأجسام الدوارة يوصف بالمعادلة:

$$F = \frac{1}{m+1} \qquad (82)$$

تعد الناحية الإيجابية لمعاملات الشكل المطلقة بأنها لا تتعلق بالارتفاع وتبقى ثابتة للشكل المحدد للساق. غير أن معاملات الشكل المطلقة تملك عيباً جوهرياً ينحصر في أنها لا تصف أجزاء الساق المتوضعة تحت ارتفاع الصدر، كلما كان الساق أقصر كلما كان الجزء الأكبر من حجمه يقع في الجزء السفلي. لتحاشي هذه العيب، يحدد حجم جزء الساق الواقع تحت ارتفاع الصدر بشكل مستقل ويجمع مع الحجم التكعيبي للساق الذي يتم إيجاده بواسطة معاملات الشكل المطلقة.

كانت أيضاً محاولات حساب قطر الشجرة عند القاعدة بواسطة القطر على ارتفاع الصدر ومن ثم بواسطته تحديد مساحة أساس الساق والأسطوانة وبعد ذلك معامل الشكل المطلق. غير أن حساب معاملات الشكل بهذه الطريقة يتطلب جهداً كبيراً. لهذا لم تجد معاملات الشكل المطلقة استخداماً في تطبيقي القياسات الحراجية.

استنتج العالم فلاديمير كاكينادل (F.kakinadel) معاملات شكل سماها **بالمعاملات الحقيقية.** وقام بتحديد حجم الساق بالمعادلة التالية التي تعتمد على تقسيم الساق إلى خمسة أجزاء بطول 2L،0 حيث L هو الطول العام للساق. في هذه الحالة حجم الساق يساوي:

$$V = \frac{\pi}{4} L_{0،2} \left(d^2_{0،1} + d^2_{0،3} + d^2_{0،5} + d^2_{0،7} + d^2_{0،9}\right) \qquad (83)$$

يعاد تشكيل هذه المعادلة عن طريق ضربها بـ 1^2،d0 وتقسيمها على 1^2،d0 بعد وضعها خارج القوس. بعد إعادة التشكيل تأخذ المعادلة الشكل التالي:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0.1}^2 L_{0.2} \left[1 + \left(\frac{d_{0.3}}{d_{0.1}}\right)^2 + \left(\frac{d_{0.5}}{d_{0.1}}\right)^2 + \left(\frac{d_{0.7}}{d_{0.1}}\right)^2 + \left(\frac{d_{0.9}}{d_{0.1}}\right)^2 \right] \quad (84)$$

نسبة الأقطار على الارتفاعات المختلفة إلى القطر على 1L،0 نرمز له بـ η_n، حينئذ نحصل على:

$$\eta_{0.1} = \frac{d_{0.1}}{d_{0.1}}، \eta_{0.3} = \frac{d_{0.3}}{d_{0.1}}، \eta_{0.5} = \frac{d_{0.5}}{d_{0.1}}، \eta_{0.7} = \frac{d_{0.7}}{d_{0.1}}، \eta_{0.9} = \frac{d_{0.9}}{d_{0.1}}$$

تُدخَل هذه المقادير في المعادلة (84)، عندها تأخذ المعادلة الشكل التالي:

$$V = \frac{\pi}{4} d_{0.1}^2 L_{0.2} \left(1 + \eta_{0.3}^2 + \eta_{0.5}^2 + \eta_{0.7}^2 + \eta_{0.9}^2\right) \quad (85)$$

إن جزء المعادلة $\frac{\pi}{4} d_{0.1}^2 . L$ عبارة عن حجم الاسطوانة V_0، التي تملك قطر يساوي قطر الساق على ارتفاع 1،0 من الارتفاع الكلي.

طبقاً للمعادلة (79)، حجم الساق υ يساوي حاصل ضرب معامل الشكل f بحجم الاسطوانة υc.

نستنتج: بأن جزء المعادلة: $0.2\left(1.000 + \eta_{0.3}^2 + \eta_{0.5}^2 + \eta_{0.7}^2 + \eta_{0.9}^2\right)$ سيكون هو معامل الشكل. سمي معامل الشكل **بمعامل كاكينادل الحقيقي** وأعطاه رمز λ_0، وهو يساوي

$$f_{0.1} = 0.2\left(1 + \eta_{0.3}^2 + \eta_{0.5}^2 + \eta_{0.7}^2 + \eta_{0.9}^2\right) = \frac{V}{V_{0.1}} \quad (86)$$

يحدد حجم الساق بالمعادلة التالية:

$$V = V_{0.1} f_{0.1} = \frac{\pi}{4} d_{0.1}^2 L f_{0.1} \quad (87)$$

توصل العالم الألماني ديتمير (Detemer) بدراسة معاملات الشكل الحقيقية إلى نتيجة، بأنه لإيجادها بدقة 2٪ في المجموعة الحراجية يكفي إجراء قياس 20 ساق على ارتفاع 1،0 و5،0 من ارتفاعها.

حسب أبحاث برودان (Prodan) وكرين (krin) أوجدوا العلاقة الخطية التالية بين معامل الشكل الحقيقي $f_{0.1}$ والنسبة $\eta_{0.5}$:

$$f_{0.1} = 0.894\eta_{0.5} - 0.126 \quad (88)$$

حصل معامل الشكل القديم على أوسع انتشار في تقنية الحسابات القياسية.

نتيجة التجارب الكثيرة تم جمع مقدار من المعلومات يسمح بوضع المقادير الوسطى لمعاملات الشكل وكذلك العلاقة بينها وبين أقطار السوق في مقاطع مختلفة.

من العرض السابق واضح لنا بأن تحديد معاملات الشكل الحقيقية لكاكينادل $(f_{0.1})$ يعتمد على المقطع العرضي للساق الذي يقع على مسافة من قاعدة الساق تساوي 0،1م من الارتفاع العام للشجرة بينما يقع المقطع العرضي في أساس معاملات الشكل القديمة على ارتفاع 3،1م من قاعدة الساق. مع ازدياد ارتفاع الأشجار بالمقابل تزداد المسافة من قاعدة الساق حتى المقطع (g_0)، الذي يشكل الأساس لتحديد معامل كاكينادل الحقيقي. عند الأشجار ذات الارتفاع 20م هذا المقطع g_0، يقع على ارتفاع يساوي 2م، أما عند الأشجار بارتفاع 25م نجد أن المسافة من قاعدة الساق حتى المقطع الأساسي تساوي 5،2م.

ما يخص مكان وجود المقطع العرضي المستخدم كأساس لتحديد معاملات الشكل القديمة، فهو يبقى ثابتاً، دائماً يساوي 3،1م. نظراً لهذا فإن العلاقة بين أقطار المقاطع الأساسية $\left(q_H = \frac{d_{1.3}}{d_{0.1}}\right)$ عند الأشجار مختلفة الارتفاع المستخدمة لتحديد معاملات الشكل الحقيقية والقديمة تبدو قيمة متغيرة، سمى البروفيسور برودان هذه العلاقة بمعامل النمو القاعدي ورمز له بـ q_H. مع ازدياد ارتفاع الأشجار يتزايد بالمقابل معامل النمو القاعدي q_H. يوجد علاقة وثيقة بين معامل النمو القاعدي وارتفاع الشجرة.

يرتبط أيضاً قطر الأشجار مع معامل النمو القاعدي. توصف هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$d_{1.3} = d_{0.1} . q_H \quad (89)$$

$$d_{0.1} = \frac{d_{1.3}}{q_H} \quad (90)$$

تبعاً لهذه المعادلة تم الحصول على معاملات النمو القاعدية التالية للتنوب:

$d_{1.3}$ cm	14	20	30	40	50	60	70	80
$d_{0.1}$ cm	14	19	28	37	45	52	59	66
q_H	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.21

في المعادلة الواردة أعلاه والتي تحدد علاقة معاملات الشكل الحقيقية والقديمة يمكن أن نبدل القطر على واحد بالعشرة من ارتفاع الشجرة بالنسبة $q_H.d_1$/. عندئذ نحصل على المعادلة التالية التي تحدد معامل الشكل القديم:

$$F = f_{0.1} = \frac{d_{0.1}^2}{d_{1.3}^2} = f_{0.1}\frac{d_{1.3}^2}{q_H^2}\frac{1}{d_{1.3}^2} = \frac{f_{0.1}}{q_H^2} \qquad (91)$$

يعتبر البروفيسور برودان [44] بأن أفضل مؤشر لشكل السوق تعتبر العلاقات:

$$q_H = \frac{d_{1.3}}{d_{0.1}} \quad و \quad \eta_{0.5} = \frac{d_{0.5}}{d_{0.1}}$$

والتي تسمح بشكل أكثر دقة إيجاد معاملات الشكل.

يحدد حجم الساق تبعاً لمعاملات الشكل الحقيقية والقديمة بالمعادلات التالية:

$$V = \frac{\pi}{4}d_{0.1}^2.L.f_{0.1} \quad و \quad V = \frac{\pi}{4}d_{1.3}^2.L.F$$

نستنتج أن:

$$\frac{\pi}{4}d_{0.1}^2.L.f_{0.1} = \frac{\pi}{4}d_{1.3}^2.L.F$$

ومنه نجد أن:

$$F = \frac{\frac{\pi}{4}d_{0.1}^2.L.f_{0.1}}{\frac{\pi}{4}d_{1.3}^2.L} = f_{0.1}\frac{d_{0.1}^2}{d_{1.3}^2} \qquad (92)$$

تصف هذه المعادلة العلاقة التي تربط معاملات الشكل القديمة بالحقيقية.

حصلت معاملات الشكل القديمة على أكبر انتشار، نتيجة الدراسات العديدة، تم تحديد المقادير الوسطى لمعدلات الشكل، وكذلك العلاقات بينها وبين أقطار السوق في مقاطع مختلفة.

1-3 – قوانين تغير معاملات الشكل (معدلات الشكل) Shape indices rules:

كما قد أشرنا بأن معاملات الشكل تتأرجح في حدود كبيرة، لذلك لابد من شرح علاقة هذه التغيرات بالعوامل المختلفة.

إن نتائج الأبحاث التي قام بها العالم فاراس (varas) على الأنواع التالية (صنوبر، تنوب، بتولا، تيليا) تؤكد أنه مع ازدياد ارتفاع الأشجار لهذه الأنواع الأربعة فإن معاملات الشكل تتناقص.

تحديد معاملات الشكل مرتبط بحساب حجوم السوق والأسطوانات المطابقة لها، مما يتطلب صرف جهد كبير، لاختصار الحسابات من الطبيعي أن توضع علاقة بين معاملات الشكل والأقطار.

مما سبق أصبح معروفاً بأن معامل الشكل: هو ناتج قسمة حجم الساق على حجم الأسطوانة. يمكن حساب حجم الساق حسب المعادلة البسيطة للمقطع الوسطي(21):

$$V_s = \gamma.h$$

حيث: h: ارتفاع الساق.

γ: مساحة مقطع الساق في منتصف ارتفاعه.

حجم الأسطوانة يحدد بالمعادلة البسيطة التالية: $V_c = g.h$

حيث g: مساحة قاعدة الأسطوانة، عند حساب معدل الشكل القديم هي تساوي مساحة مقطع الساق على ارتفاع الصدر.

بوضع القيم التي حصلنا عليها في معادلة معدل الشكل(78) نحصل على:

$$f = \frac{V_s}{V_c} = \frac{\gamma.h}{g.h} = \frac{\frac{\pi}{4}d^2h}{\frac{\pi}{4}D^2h} = \frac{d^2}{D^2} \qquad (93)$$

حيث:

d: قطر الساق في منتصف الارتفاع.

D: القطر على ارتفاع الصدر.

عند حساب معامل الشكل القديم حسب هذه المعادلة لساق له ارتفاع 6،2م، فستنطابق مساحة المقطع على ارتفاع الصدر g مع مساحة المقطع في منتصف الساق: $\gamma = g$. معامل الشكل في هذه الحالة سيساوي واحد أي(f=1).

كلما ازداد ارتفاع الساق كلما وقعت مساحة المقطع المتوسطي أعلى من مساحة المقطع على ارتفاع الصدر وبالتالي سيتناقص معامل الشكل القديم.

المعادلة (93) بسيطة جداً وسهلة الاستعمال في العملي وتسمح بعمل تعاميم نظرية بالنسبة لمعاملات الشكل. غير أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار أنه في أساسها يقع حجم الساق المحسوب وفق المعادلة البسيطة للمقطع الوسطي التي تعطي بالنسبة للسوق المستقلة أخطاء معنوية.

4-1 معاملات شكل الساق وعلاقتها بمعدلات الشكل Log shape indices:

تستعمل لوصف شكل السوق الخشبية بالإضافة إلى معاملات الشكل نسبة أقطار الساق المأخوذة على ارتفاع مختلف، فنسبة أي قطر للساق إلى القطر على ارتفاع الصدر d\D تسمى **معامل الشكل.**

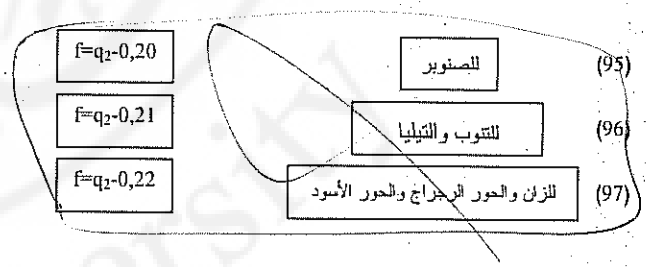
لحل المسائل القياسية تحسب على الأغلب معاملات الشكل حسب الأقطار عند قاعدة الساق (نقطة تقاطع الساق مع الأرض) d0)،(0، على ربع الارتفاع $d_{1/4}$)،(h وثلاث أرباع الارتفاع $d_{3/4}$)،(0،h).

يرمز عادة لمعاملات الشكل بالحرف q مع رقم يتوافق مع مكان توضع القطر المشار إليه في الأعلى والمأخوذ لحساب معامل الشكل (q_0)،(q_1، q_2، q_3) نبدل في المعادلة (93)، علاقة القطر في منتصف الارتفاع إلى القطر على ارتفاع الصدر بمعامل الشكل فنحصل على المعادلة التالية:

$$F = \frac{d^2}{D^2} = q_2^2 \qquad (94)$$

بهذا الشكل نجد أنه ظهرت علاقة محددة بين معدلات الشكل (F) ومعاملات الشكل (q_2): معدل الشكل يساوي مربع معامل الشكل.

عند دراسة علاقات معدلات الشكل مع معاملات الشكل للأنواع المستقلة فقد وضع بين هذين المقدارين فرق وسطي. للصنوبر = 0،20، وللتنوب والتيليا = 0،21، للزان والحور = 0،22. طبقاً لهذه الأرقام مع السوق ذات الارتفاع 18م وأكثر يمكن أن تمثل العلاقة بين معدلات الشكل ومعاملات الشكل بالمعادلات التالية:



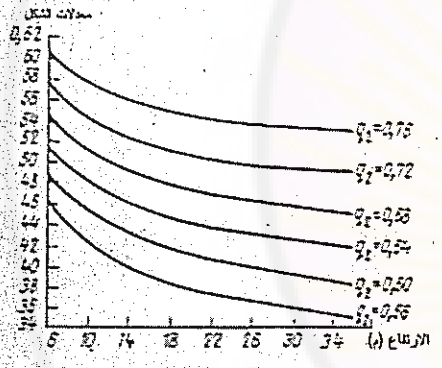
(95)
(96)
(97)

نرمز للفرق بين معامل الشكل ومعدل الشكل بالحرف C، فيمكن تبديل كل المعادلات بالمعادلة التالية البسيطة:

$$f = q_2 - c \qquad (98)$$

يمكن بواسطة هذه المعادلة تحديد معدلات الشكل بخطأ لا يتجاوز 5٪.

دراسة معدلات الشكل أظهرت بأنها ترتبط بمعامل الشكل وارتفاع السوق. يعطي الشكل (43) تصوراً واضحاً عن هذه العلاقة. عند بناء هذا المنحني نضع على محور السينات ارتفاع الساق وعلى محور العينات معدلات الشكل للسوق ذات معاملات الشكل التي تختلف عن بعضها بعضاً بـ 0،04، رسم على المخطط البياني ستة منحنيات.



الشكل 43. علاقة معدلات الشكل بارتفاع السوق ومعاملات الشكل.

توضح المنحنيات بأنه مع ازدياد ارتفاع السوق تتناقص معدلات الشكل، أما ازدياد معدلات الشكل فيسبب زيادة معاملات الشكل.

تعكس المنحنيات على المخطط البياني علاقة القطع الزائد وتوصف بالمعادلة التالية:

$$y = a + bx^2 + \frac{c}{xL} \qquad (99)$$

حيث: y: معدل الشكل -x: معامل الشكل -L: ارتفاع الساق -b،a -c: معاملات ثابتة ذات قيم محددة.

وجد العالم السويسري شيفيل (Shiffel) [45] بأنه للتنوب: المعامل الثابت b=0،66، المعامل a= 0،14، c= 0،32. بوضع هذه القيم في المعادلة الواردة أعلاه حصل شيفل على المعادلة التالية لتحديد معدلات الشكل:

$$f = 0{،}66q_2^2 + \frac{0{،}32}{q_2 h} + 0{،}14 \qquad (100)$$

استنتج العالم شيفيل معادلات لـ (اللاركس، الصنوبر، الشوح). غير أن التجربة أظهرت أنه بواسطة معادلة شيفيل يمكن إيجاد معدلات الشكل لكل الأنواع بخطأ حتى ±3٪.

درس البروفيسور تكاتشينكو (N.E Tkatchenko) السؤال حول قوانين تغير معدلات الشكل بعد التحليل المتكامل للأسباب التي تؤثر على قيمة معدلات الشكل. هو أثبت بأن الاختلاف في تغيير القطر على ارتفاع الصدر بمقدار 1سم يجر وراءه خطأ عند حساب معدل الشكل بشكل 5٪.

توصل البروفيسور تكاتشينكو في محصلة أبحاثه إلى نتيجة بأن سوق الأشجار المخروطية وعريضة الأوراق التي تنمو في المجموعات الحراجية في أية ظروف طبيعية تاريخية تخضع لقانون واحد: (عند الارتفاع المتساوي والنسب المتساوية للقطر في منتصف ارتفاع الشجرة إلى القطر على ارتفاع الصدر، تملك سوق أشجار كل الأنواع بشكل تقريبي معدلات شكل متساوية). بالاعتماد على هذا القانون شكل العالم تكاتشينكو جدول معدلات الشكل العام (الجدول 11):

جدول 11. معدلات الشكل العامة التي وضعها البروفيسور E Takatchenko، N:

الارتفاع (م)	معدلات الشكل عند معامل الشكل q_2					
	55،0	60،0	65،0	70،0	75،0	80،0
12	405،0	438،0	471،0	509،0	550،0	592،0
16	389،0	422،0	457،0	498،0	540،0	584،0
40	379،0	412،0	450،0	491،0	534،0	579،0
24	371،0	406،0	444،0	485،0	529،0	575،0
28	364،0	401،0	439،0	481،0	527،0	575،0
32	359،0	396،0	436،0	479،0	524،0	573،0
36	356،0	393،0	423،0	476،0	522،0	561،0

على أساس الجدول (11) يمكن الاستنتاج أنه بالنسبة لسوق أشجار كل الأنواع التي تنمو في مجموعات حراجية ذات ظروف متنوعة لمواقع النمو والتي تملك معامل شكل واحد تتناقص

معدلات الشكل مع ازدياد الارتفاع. يجري هذا التناقص للسوق ذات الارتفاع حتى 20م في البداية بسرعة، بعد ذلك ببطء. عند نفس الارتفاع للسوق تتزايد معدلات الشكل طبيعياً مع تزايد معامل الشكل. تتعلق معدلات الشكل بمعاملات الشكل أكثر من الارتفاع.

حسب الجدول العام لتكاتشينكو يمكن إيجاد معدلات الشكل لسوق أي نوع، بعد معرفة الارتفاع ومعامل الشكل.

الجدول العام لمعدلات الشكل ومعادلة شيفيل يظهران التغير الطبيعي (القانون) لمعدلات الشكل تبعاً لعلاقتها بارتفاع السوق ومعاملات الشكل q_2.

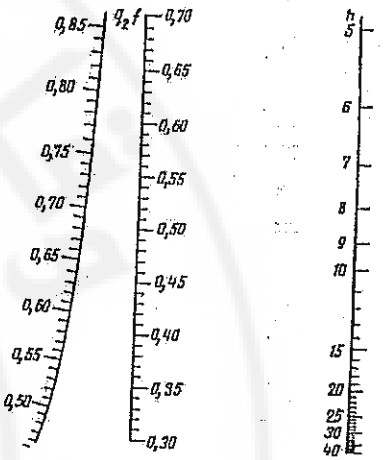
معدلات الشكل الموجودة حسب جدول تكاتشينكو والمحسوبة وفق معادلة شيفيل متقاربة من بعضها البعض.

يملك جدول تكاتشينكو عيب ينحصر في أن التتابع أو التسلسل المتخذ فيها لمعاملات الشكل 05،0 كبير جداً، لذلك عند استخدام الجدول لابد من إيجاد القيمة المجهولة بواسطة قيم معلومة حدية، وهذا ما يعقد مسألة إيجاد معدلات الشكل ويؤدي إلى خطأ في الحساب.

تحديد معدلات الشكل حسب معادلة شيفيل أيضاً مرتبط بحسابات كبيرة الحجم.

حتى نتحاشى هذه العيوب كان قسم القياسات الغابية في معهد تكنولوجيا الأخشاب في موسكو قد أعد مخططاً بيانياً يسمح بإيجاد معدلات الشكل حسب معامل الشكل والارتفاع بدون أية حسابات إضافية (الشكل 44) إذا كانت الشجرة تملك ارتفاع 25م ومعامل شكل 65،0 فإنه في هذه الحالة حسب المخطط سيكون معدل الشكل مساوياً 44،0، نفس النتيجة نحصل عليها عند استخدام معادلة شيفيل.

على أساس أبحاث البروفيسور تكاتشينكو يمكن التوصل إلى نتيجة مفادها بأن تأثير كل العوامل الطبيعية (المناخ، التربة، ظروف موقع النمو، نماذج الغابة، نوع الأشجار، صف الإنتاجية، ملوءة المجموعات الحراجية، وغيرها) تظهر على ارتفاع ومعاملات شكل الأنواع الخشبية. غير أنه عند الاقترانات المتنوعة للعوامل الطبيعية ولكن عند نفس الارتفاعات ومعاملات الشكل للأشجار تبدو معدلات الشكل متقاربة.



الشكل 44. مخطط بياني لتحديد معدل الشكل حسب ارتفاع الأشجار h ومعامل الشكل q_2.

1-5 قوانين في تغير معاملات الشكل:

إن علاقة معاملات الشكل المبينة مع معدلات الشكل لها مغزى هام، لأنها تسمح بتحديد معدلات الشكل التي إيجادها يكون أصعب من إيجاد معامل الشكل.

التغير الطبيعي (القانوني) لحجوم السوق تبعاً لعلاقتها بالعوامل المختلفة يظهر بشكل واضح عند مقارنة المقادير النسبية التي تصف الحجم. هذه المقادير تعتبر معدلات الشكل ومعاملات الشكل، لكون معدلات الشكل تتحدد ببساطة أكثر من خلال معاملات الشكل فيجب دراسة معاملات الشكل من جميع النواحي.

أظهرت أبحاث كثيرة بأن معاملات الشكل تتغير في حدود كبيرة. لكي تتوضح قانونية أو طبيعة هذه التغيرات من الضروري قبل كل شيء تحديد كيف ترتبط معاملات الشكل بأقطار وارتفاعات السوق. يمكن إظهار العلاقة فقط بتحديد القيم المتوسطة لمعاملات الشكل للسوق ذات الأقطار والارتفاعات المختلفة.

توصف علاقة القيم المتوسطة لمعاملات الشكل مع ارتفاع السوق عند التنوب حسب معطيات البروفيسور زاخاروف (Zakharaff) بالأرقام التالية:

ارتفاع الساق (م)	6	9	12	15	18	21	24	27	30
معامل الشكل	730،0	726،0	719،0	705،0	693،0	684،0	668،0	661،0	625،0

مع ازدياد ارتفاع السوق تناقص معاملات الشكل. مثل هذه العلاقة تلاحظ عند الأنواع الخشبية الأخرى.

عبر العالم ليفين (Leveen) عن علاقة معاملات الشكل q_2 مع ارتفاع الأشجار في منطقة التايغا بالمعادلات التالية:

$$q_2 = 0{،}641 + \frac{0{،}908}{h} \quad \text{للصنوبر} \qquad (101)$$

$$q_2 = 0{،}647 + \frac{0{،}898}{h} \quad \text{للتنوب} \qquad (102)$$

توجد بين أقطار السوق ومعاملات الشكل حسب معطيات البروفيسور توفستوليس العلاقة التالية:

قطر السوق، سم	8	16	24	32	40
معامل الشكل	684،0	665،0	653،0	646،0	642،0
قطر السوق، سم	80	72	64	56	48
معامل الشكل	630،0	633،0	635،0	637،0	639،0

مع ازدياد أقطار السوق تتناقص معاملات الشكل مع أنه بشكل غير كبير، أكبر تغير لمعاملات الشكل يلاحظ في صفوف الأقطار المتدنية، مع ازدياد الأقطار الفرق في معاملات الشكل بالتدريج يخف أو يقل.

نستنتج أن: قيمة معاملات الشكل تتعلق بقطر وارتفاع الساق. عند تساوي جميع الظروف الأخرى مع ازدياد الأقطار يزداد ارتفاع الأشجار. توصف علاقة هذين العنصرين بمعامل ارتباط عالي r يساوي 95،0 وحتى أعلى. لذلك فإن معطيات البروفيسور توفستوليس الواردة أعلاه عن علاقة معامل الشكل بأقطار السوق تعكس في نفس الوقت علاقة معاملات الشكل بارتفاع السوق.

يصف البروفيسور تيورين [31] علاقة معاملات الشكل بأقطار السوق للبتولا بالمعادلة التالية:

$$q_2 = 0{،}665 - 0{،}0011\,D \qquad (103)$$

حيث: D: القطر على ارتفاع الصدر بالسم.

لكي نسهل طرق تقييم الغابة، من الضروري إيجاد القيمة الوسطى لمعامل الشكل واستخدامها لتحديد الاحتياطيات الخشبية.

عند استخدام معامل الشكل الوسطي العام لكل مرتسمات السوق في المجموعة الشجرية نجد أن صفوف الأقطار المتدنية، حيث الأشجار الأقل ارتفاعاً، تبدو معاملات الشكل فيها أقل (ناقصة)، أما في صفوف الأقطار الأعلى من المستوى الوسطي تكون أكثر (زائدة). غير أن هذه الانحرافات في الاحتياطيات الخشبية (الحجوم) سوف تعدل بعضها بعضاً، والنتيجة في المجموعة الحراجية بشكل كامل ستكون دقيقة لحد معين.

درس السؤال حول تغير معاملات الشكل من قبل البروفيسور زاخاراف، مايسينكو، تيورين وكوندراتيف وغيرهم، وفي النتيجة أثبت بأنه عند الأشجار المستقلة للأنواع المختلفة يتأرجح معامل الشكل في حدود كبيرة من 45،0 حتى 87،0. يملك الجزء الأكبر من السوق معامل شكل وسطي. قيم معامل الشكل التي تقترب إلى الحدود تصادف عند عدد غير كبير جداً من الأشجار.

معامل الشكل الوسطي q_2 حسب معطيات العالم زاخاراف يساوي 0،0±0034،676. الانحراف التربيعي الوسطي (الانحراف المعياري) $S = 0 \pm 0{،}0024{،}079$، معامل الاختلاف $(C = \frac{100S}{q_2}) = 8{،}11\%$. ومؤشر الدقة P=0 ،5٪.

بدراسة هذا السؤال من قبل البروفيسور تيورين توصل إلى نتيجة: بأن شكل السوق يتغير في أية مجموعة حراجية تقريباً بذلك القدر كما على المساحات الكبيرة في البلاد.

يشكل الانحراف الوسطي التربيعي (الانحراف المعياري) عن المقدار الوسطي لمعامل الشكل للصنوبر حسب معطيات مايسينكو 056،0، معامل الاختلاف (±5،8٪).

حدد مايسينكو معامل اختلاف الشكل للتنوب (±8،8٪). حدد البروفيسور تيورين معامل الاختلاف للبتولا (±1،8٪). البروفيسور زاخاراف للصنوبر (±2،5٪). البروفيسور كوندراتيف

للصنوبر ±4،5٪ حتى ±4،6٪. الأرقام التي تصف تغير معاملات الشكل للأنواع الخشبية المستقلة كما نرى متقاربة نسبياً.

لقد قارن البروفيسور تيورين ومايسينكو التوزع الواقعي لعدد السوق حسب صفوف الشكل مع التوزع النظري المثبت حسب قانون منحني التوزع الطبيعي. تطابق الصفوف النظرية والواقعية يسمح بوصف توزع السوق حسب صفوف الشكل تطبيقاً لخصائص منحني التوزع الطبيعي.

بالاعتماد على قانون التوزع الطبيعي يمكن استنتاج أنه: من كل 100 شجرة مقيمة (مقاسة) معاملات الشكل لدى 68 شجرة ستختلف عن معاملها الوسطي (للصنوبر يساوي 66،0) ليس أكثر من ±5،8٪، لدى 27 شجرة من ±5،8 حتى ±17٪، لدى 5 أشجار – من ±17 حتى ±5،25٪.

عند قياس أو تقييم أشجار كثيرة في نفس الوقت الخطأ الوسطي في تحديد معامل الشكل يكون أقل كلما كان عددها أكبر. مقدار هذا الخطأ يمكن تحديده بالمعادلة (50)، لـ 9 أشجار سيكون:

$$SE_{q_2} = \frac{\pm S}{\sqrt{n}} = \frac{\pm 8{،}5}{\sqrt{9}} = \pm 2{،}8\%$$

لـ 100 شجرة مقاسة في نفس الوقت:

$$SE_{q_2} = \frac{\pm S}{\sqrt{n}} = \frac{\pm 8{،}5}{\sqrt{100}} = \pm 0{،}85\%$$

معامل اختلاف معامل الشكل (q_2) لأهم الأنواع الخشبية في المتوسط قريب إلى ±8٪.

تجري القياسات في الظروف الإنتاجية على الأغلب لعدد كبير من الأشجار. لذلك عند دراسة شكل السوق ليس من ضرورة لتحديد معاملات شكل السوق المستقلة، لأن معاملات الشكل الوسطي تعطي نتائج دقيقة بشكل كاف.

حسب معطيات البروفيسور زاخاراف، حجم 550 ساق سنديان، والتي تملك أقطار من 32 حتى 132 سم المحسوب حسب معامل الشكل الوسطي، اختلف عن الحجم المحسوب حسب القطع ذات المترين بـ 0،-28٪ وعن الحجم المحدد حسب صفوف الشكل بـ +0،48٪.

الأشجار المقيمة في نفس الغابة على الأغلب تختلف بشكل جوهري بالمؤشرات القياسية وظروف موقع النمو، لذلك من المهم جداً معرفة كيف يتغير معامل الشكل للمجموعات الحراجية المستقلة. وجد مايسينكو بأن تغير معامل الشكل الوسطي عند المجموعات الحراجية القيقبية يساوي3٪، عند المجموعات المكونة من الحور الأسود -6،2٪، عند الصنوبرية -5،3٪، عند التنوبية -4،3٪.

توزع معاملات الشكل المتوسطة للمجموعات الحراجية المستقلة كما للسوق المستقلة قريب إلى منحني التوزع الطبيعي.

درس مايسينكو أيضاً معاملات الشكل المتوسطة عند المجموعات الحراجية التي لها نفس الارتفاع ولكنها تنمو في مناطق جغرافية مختلفة فوجد أن الفرق في متوسطات معاملات الشكل بدا أقل مما عند المجموعات الحراجية المستقلة الواقعة في نفس المنطقة.

قيم متوسطات معاملات شكل السوق المتقاربة في غابات المناطق المختلفة تعطي إمكانية استخدام معايير موحدة ومؤشرات جدولية عامة لها.

1-6 الأهمية النظرية والعملية لمعدلات الشكل Shape indices importance:

تنحصر الأهمية العملية لمعدلات الشكل بشكل أساسي في أنها تعتبر واحدة من العناصر الحسابية التي تسمح بتشكيل الجداول الحجمية لتقييم الأشجار النامية. كما سنرى لاحقاً بأنه يمكن تشكيل الجداول الحجمية بدون معدلات الشكل، لذلك بعض الباحثين يعتبر بأن دراسة معدلات الشكل مرحلة عابرة في القياسات الغابية والقياسات الحديثة يمكننا أن نتخلى عنها.

مع ذلك هذا الرأي يتوجب اعتباره خاطئاً، لأنه لتحديد حجوم السوق الخشبية عند إجراء الحسابات القياسية من الضروري جداً معرفة علاقتها الرياضية الدقيقة بالعوامل المشكلة للحجم، مثل هذه العوامل تعتبر مساحة المقطع العرضي، الارتفاع وملوءة السوق بالخشب (معامل الشكل) مقدرين بذلك درجة التقارب إلى شكل الأسطوانة. هذه العوامل الثلاثة المشكلة للحجم بضربها مع بعضها البعض تعطي حجم الساق:

$$V_s = g.\square.f \qquad (104)$$

بمساعدة هذه المعادلة البسيطة يمك
على مقدار حجم الساق الخشبية. في كل
تعقيداً. استخدام معدلات الشكل يعطي إمكا
وجد البروفيسور شوستاف في الص
gf للسوق مهما كان شكلها بالمقدار 0،
الصدر. $d_{1/2h}$: القطر على منتصف ارتفاع
ونتيجة لهذا اقترح البروفيسور شوستاف ا

(105)

تعطي هذه المعادلة نتائج أدق من معادلة ا
بالاستناد إلى المعادلة g.h.f =
صيغة مبسطة لتحديد حجم السوق التقريب
الأشجار الأكثر انتشاراً 25-26م. في هذ
5،0×5،12 =25، 5،0×5،0=26×13 وفي الم
مساحة المقطع العرضي للساق يساوي:

$0،785D^2$

تقاس أقطار السوق عادةً بالسنتيمترات،
المربعة
حتى يتم تجنيس (تحويل) المقاييس الخ
إعطاء المعادلة التي تحدد مساحة المقطع

لإيجاد حجم الساق نضرب مساحة المقط

$0،001D^2$ (106)

تعطي معادلة دينتسين نتائج أكثر دقة لـ
26م.

الفصل الثاني

الجداول الحجمية ume Tables

لدى قياس المجموعات الحراجية من الشائع توحيد الأشجار المتقار
أقطار، أقسام ومجموعات. حيث يستنتج لمثل تلك الفئات المتماثلة
مقاييس شكل وحجوم الأشجار الداخلة فيها.

الجداول الحجمية: هي مجموعات القيم العددية، المشكلة وفق نظ
الوسطى لأشجار الأنواع الخشبية المستقلة، المختلفة الأقطار، الارت

تعد جداول (Erfahrung stabellen) أقدم الجداول الكتلية وهي
قبل أحد مؤسسي علم إدارة وتنظيم الغابات وهو عالم الغابات
الجداول كتل (حجوم) الأشجار التي تقع فوق الأرض. صدرت خ
من بلدان العالم جداول كتلية عديدة، لها تصاميم مختلفة. تجمعت
في تشكيل الجداول واستخدامها في تطبيقي الحراج.

أشار بيتر هوش إلى أن تشكيل الجداول الحجمية (الكتلية) و
الأخصائيين تطلب صرف جهد ووقت كبيرين. وشكل في النتيجة
ما تصلح للعملي.

إن الهدف العام من كل طرق تشكيل الجداول الحجمية يبقى واح
للأشجار ذات المقاييس المحددة. غير أن توفر طرق كثيرة للوص
المسألة.

فيما بعد أشار بيتر هوش إلى ضرورة تصنيف طرق تشكيل الجد
هوش من ضرورة تشكيل جداول حجمية قياسية (معيارية).
للاستيعاب الأفضل للاختلاف في الجداول الحجمية وتقنية تشكيلها
الذي يقسم الجداول المسماة إلى مجموعات متماثلة أو صفوف:

1. الجداول الحجمية التي تحدد حجوم الأشجار كجداء العوامل المـ
مساحة المقطع العرضي g، الارتفاع h، ومعدل الشكل f. h.f

كما أنه يجب ألا ننسى بأنه في أساس أغلب الجداول الحجمية والسرتيمنتية المستخدمة في الوقت الحالي تتوضع معاملات الشكل. تعطينا الأساس المتين وبأبسط الطرق لإيجاد الحجوم. في النهاية، استخدام معاملات الشكل في القياسات الغابية يشكل عهداً في تطورها وينطلق من أصول هذا العلم.

يجب الأخذ بعين الاعتبار بأن معاملات الشكل كأبسط معامل تخفيض، حتى وقتنا الحاضر تستخدم في الأعمال القياسية في دول أوروبا الشرقية لدى إجراء الحسابات المتنوعة.

بتحليل أساليب أو طرق تشكيل الجداول الكتلية يشير البروفيسور برودان M.Prodan بأنه في كل البلدان تم إنشاء جداولها الكتلية للأنواع الخشبية الرئيسية بطرق مختلفة. واستخدمت لدى إنشائها على الأغلب **الطريقة** (المساواة) **البيانية** وتحديد الحجوم حسب المعادلات الموافقة.

توفر مثل هذا الأسلوب المنهجي العام في طرق تشكيل الجداول الحجمية يتوجب أخذه بالحسبان عند دراسة تقنية تشكيل الجداول الكتلية.

ما يخص بلدان أوروبا الغربية والولايات المتحدة الأمريكية فإنه من الاستعراض الأخير نرى بأنه تشكلت فيها التعريفات الغابية بدلاً من الجداول الحجمية. تم إيجاد حجوم الأشجار كتابع لقطرها وارتفاعها.

$$V = f(d_{1.3}.\square)$$

تقسم الجداول الحجمية إلى عامة ومحلية: إذ كان في أساس الجداول معلومات مجموعة من غابات منطقة محددة، تسمى – **الجداول المحلية**.

بينما الجداول المؤسسة على معلومات مجموعة من مساحات غابية واسعة تسمى **الجداول الحجمية العامة**.

يشير البروفيسور برودان في كتابه (Holzmesslehre) بأن أبحاثاً كثيرة أظهرت أن الجداول الحجمية المشكلة لمناطق كبيرة تعطي بشكل كافٍ نتائج مقبولة.

عند تحديد حجم الأشجار المنفردة بمساعدة الجداول الحجمية يصل الخطأ إلى 10–15٪. عند تحديد الاحتياطي لكل المجموعة الحراجية تشكل الأخطاء في المتوسط ±6٪ وبواسطة المعادلات التكاملية تصل لـ ±10٪.

لا تُستثنى حالات الأخطاء النظامية، عندما لا يتوافق الشكل الوسطي للسوق الذي يتوضع في أساس الجداول مع شكل السوق للمجموعات الشجرية المقيمة.

حساب الأشجار المخصصة للقطع والمنتجات الغابية المحضرة منها يجب أن يتم بدقة واحدة. نظراً لهذا دقة الجداول الحجمية يجب أن تكون قريبة إلى دقة الجداول الحجمية التي تستعمل لتحديد الحجم التكعيبي للجذوع المحضرة.

تستخدم الجداول الحجمية للحسابات القياسية والاقتصادية المختلفة، أما الجداول المخصصة لتحديد التكعيب الحجمي فتستعمل لدى ترويج المنتج الغابي الجاهز– الجذوع والكتل الخشبية.

كما هو معروف بأن الجداول الحجمية المستخدمة لتحديد الحجم التكعيبي للمنتجات الغابية تستخدم لكل الأنواع الخشبية، لذلك يطرح هنا سؤال: هل بالإمكان تشكيل جداول حجمية عامة واحدة لكل الأنواع الخشبية؟

يبدو أن عمل هذا أمر صعب جداً، لأن الجداول الحجمية تحتوي على مؤشرات عددية تحدد كتلة السوق الكاملة مع اللحاء التي مقدارها وتوزعها حسب الساق عند الأنواع الخشبية المختلفة مختلف جداً، عدا ذلك تشير الجداول الحجمية أيضاً إلى كتلة فروع التاج التي تعتبر خاصة بالنسبة للأنواع الخشبية المستقلة بينما الجداول التي تعطي حجم المنتجات الغابية (الجداول السرتيمنتية والبضائعية) تعطي حجم أجزاء الساق المستوية.

من المحتمل جداً في المستقبل إمكانية ظهور سؤال حول تشكيل جداول حجمية عامة لمجموعة غير كبيرة من الأنواع الخشبية، مثل: التنوب والشوح، الصنوبر والأرز، السنديان والأولم وغيرهم، غير أن توحيد مؤشرات هذه المجموعات لا يزال غير مدروس بشكل كافي.

تطبيقاً للتصنيف الذي عرض سندرس نماذج الجداول الحجمية المستقلة، ونستعرض طرق تشكيلها وفق مخطط تاريخي يتوافق مع تطور نظرية وتقنية القياسات الغابية.

2-1- الجداول الحجمية الألمانية (الباڤارسكية) Bavarian volume tables:

استخدمت الجداول الحجمية منذ منتصف القرن التاسع عشر (في عام 1888) التي صدرت في عام 1846. إن تشكيل هذه الجداول كان مساهمة كبيرة في تقنية القياسات. وهي اعتمدت على معلومات واقعية كثيرة وأنشئت في حينها بطريقة متكاملة جداً.

يشير البروفيسور برودان بأن الجداول الحجمية الباڤارسكية تعتبر أول جداول مبرهنة بشكل جيد.

تم الحصول على المعلومات اللازمة لتشكيل هذه الجداول على أساس قياس 40220 شجرة في غابات باڤاري. وضعت في أساس هذه الجداول جداول معدلات الشكل المتوسطة.

أعطيت حجوم الأشجار في الجداول الباڤارسكية وفق صفوف الأقطار 2 سنتيمتر، أما حسب الارتفاع فقد اعتمدت صفوف الإرتفاع بفاصل 0،5م.

تسمى غالباً الجداول الحجمية الباڤارسكية جداول بمتغيرين (بمدخلين). القطر على ارتفاع الصدر (1،3م) يعد واحداً منهما، أما الثاني فهو ارتفاع الأشجار h الذي يحدد لكل شجرة تدرس عند استخدام هذه الجداول.

ينحصر العيب الأساسي للجداول الحجمية الباڤارسكية في أن عدد القياسات الأولية التي أجريت على الأشجار المختلفة القياس لم يكن متماثلاً- نتيجة ذلك تم الحصول على مؤشرات ذات درجة مختلفة من الدقة، عدا ذلك إن غزارة (وفرة) المؤشرات الجدولية أدت إلى الحصول على جداول ضخمة (كبيرة جداً).

يشير البروفيسور برودوان في كتابه (Holzmesslehre) إلى أن تأثير عمر الأشجار على شكل السوق يبدو غير كبير، فحسب رأيه يتعلق شكل السوق لدرجة كبيرة بمعامل الملوءة وصف الإنتاجية أكثر من العمر، لذلك في الجداول الحجمية الجديدة لا يؤخذ العمر في الحسبان كعامل مشكل للحجم. وتعطى فيها الحجوم كتابع للارتفاعات والأقطار (تأثير عمر الأشجار على شكل السوق- غير معنوي).

في نهاية القرن التاسع عشر كان قد شكل في ألمانيا جداول كرودنير وشڤاباخا على أساس قياس 141150 شجرة. تجد هذه الجداول استخداماً حتى الوقت الحاضر، وهي بتصميمها قريبة إلى الجداول الباڤارسكية.

2-2- الجداول الحجمية الروسية الحقلية Temporary volume tables:

لم تتجاوب الجداول الباڤارسكية مع تطبيقي الحراج في روسيا، لذلك منذ أكثر من 100 عام ظهرت ضرورة تشكيل جداول حجمية على أساس المعلومات المجموعة في الغابات الروسية.

دعت أثناء ذلك الضرورة، إلى تشكيل جداول بسيطة بتصميمها قدر الإمكان، صالحة لاستخدامها في الغابات الروسية التي لم تكن مدروسة بشكل كافي في حينها.

صدرت الجداول الكتلية والتي احتاجت لفترة طويلة لتشكيلها وطباعتها، والتي سميت بالجداول الحجمية الروسية الحقلية في عام 1886م.

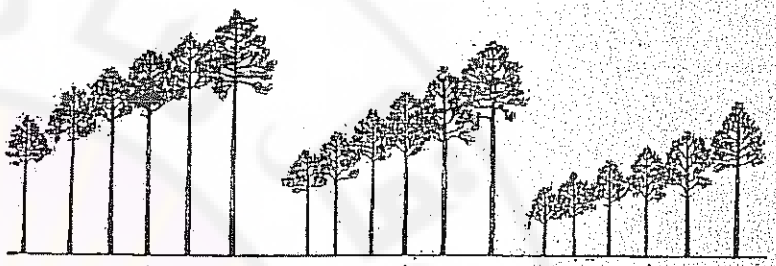
أعطيت الجداول المؤقتة حجوم السوق بدون قمة لأشجار: الصنوبر، التنوب، السنديان، البتولا، والحور الرومي. بثخانة من 2 ڤيرشوك (9سم). كان قد عين لكل صف قطر تبعاً لمقاييس الأشجار أربع صفوف ارتفاع للسنديان، وللأنواع الأخرى ثلاثة صفوف. في الجدول 16 مدون على سبيل المثال معطيات لأشجار الصنوبر والسنديان التي لها قطر على ارتفاع الصدر 9 ڤيرشوك (40سم).

جدول 13. حجوم سوق الصنوبر والسنديان حسب الجداول الحجمية الروسية المؤقتة.

الصف	السنديان				الصنوبر			
	الحجم		الارتفاع		الحجم		الارتفاع	
	بالأمتار المكعبة	بالأقدام المكعبة	بالأشكار	في الأرشينات	بـ م³	بـ (قدم)³	م	أرشين
I	7،1	59	0،27	38	3،1	47	9،24	35
II	5،1	52	7،22	32	1،1	39	2،20	5،28
III	3،1	47	9،19	28	9،0	32	0،16	5،22
IV	2،1	43	1،17	24	–	–	–	–

يبين (الشكل 45) تصوراً أو تمثيلاً واضحاً حول بناء الجداول الحجمية الروسية. يظهر على الرسم التخطيطي توزع الأشجار في ثلاث مجموعات شجرية، لكل منها أقطار أشجارها وارتفاعها الذي يميزها بشكل واضح.

مجموعة الأشجار التي تملك أكبر ارتفاع، كان يجب قياسها وفق الجداول الحجمية من الصف I، مجموعة الأشجار التي تملك أقل ارتفاع حسب جداول الصف III، أما التي تشغل الحالة الوسطى- فحسب جداول الصف II.



الشكل 45: علاقة الأقطار والارتفاعات في المجموعات الشجرية المكونة من ثلاث صفوف للجداول الحجمية.

تختلف الجداول الروسية المؤقتة عن الجداول الأوروبية الغربية بأنها تحتوي على معلومات عن استدقاق الساق الخشبية، أشير فيها إلى الأقطار وحجوم القطع بطول أرشينين (142 سم) التي تجزأ إليها الساق.

حسب هذه الجداول يمكن إيجاد مقاييس وحساب السرتيمنتات المستقلة المحضرة من الأشجار ذات القياسات المختلفة. بهذه الصورة على أساس الجداول الحجمية الروسية يمكن تشكيل الجداول السرتيمنتية التي تعطي ليس فقط الحجوم العامة للساق وإنما تقسمه إلى أجزاء لها استخدام مختلف في الاقتصاد الوطني.

الجداول الحجمية الروسية المؤقتة بتصميمها أبسط بكثير من الجداول الباڤارسكية التي فيها لكل قطر للأشجار يعطى حتى 30 ارتفاع. لقد حصلت الجداول الحجمية الروسية المؤقتة بفضل بساطتها المميزة على انتشار واسع في تطبيقي الحراج.

إن تقسيم المجموعات الحراجية في الجداول إلى صفوف لا يسبب صعوبة في استخدامها ولا يتطلب قياس الارتفاع عند عدد كبير من الأشجار.

نتيجة التأرجح الكبير لارتفاع الأشجار (حتى 20م) فإن التقسيمات إلى ثلاث صفوف التي تتطابق مع الصفوف الثلاثة للجداول الحجمية غير كافية.

الجداول الحجمية الروسية المؤقتة- مرحلة عابرة لتطور التقنية القياسية، غير أن فكرة تشكيل جداول حسب صفوف الارتفاع توضعت في أساس تشكيل الجداول الحجمية العصرية، حيث توجد فيها أيضاً صفوف الارتفاع لكن مكان ثلاث أو أربع صفوف يوجد سبعة صفوف وحتى أكثر.

جداول الانبراء (الاستدقاق) المعدة والمضافة إلى الجداول الحجمية الروسية المؤقتة، بدت وسيلة قياسية نافعة جداً، وتعتبر جزءاً من الجداول المعاصرة.

2-3- جداول شيڤيل الحجمية بثلاثة متغيرات (مداخل) Shievel volume tables:

شكلت هذه الجداول الحجمية من قبل عالم الحراج السويسري شيڤيل (منذ عام 1899-1908)م لأشجار اللاركس، الصنوبر، التنوب، والشوح. أعطيت فيها حجوم الأشجار ليس فقط تبعاً لارتفاع وقطر السوق، لكن أيضاً تبعاً لملوءة خشبها الموصوفة بمعامل الشكل.

يقع في أساس هذه الجداول العلاقة بين معدلات الشكل ومعاملات الشكل والارتفاعات معبراً عنها بمعادلة شيڤيل لحساب معدل الشكل الواردة سابقاً (100). تقسم الأشجار إلى خمسة صفوف للشكل تبعاً لعامل ملوءة المجموعات الحراجية. إلى الصف I تنتمي الأشجار القائمة بشكل حر (تنمو بشكل منفرد أو غير مضغوطة من جوانبها) والتي فيها شكل الساق ذو انبراء شديد جداً ويملك أقل معامل شكل، إلى الصف II- المجموعات الحراجية القليلة الكثافة (خفيفة) والتي فيها تملك السوق استدقاقاً محسوس (واضح)، إلى الصف III- مجموعات حراجية ذات تراص وملوءة خشب متوسطة للسوق، إلى الصف IV- مجموعات متراصة ممتلئة، تتكون من أشجار مليئة الخشب، وإلى الصف V- المجموعات الحراجية الكثيفة جداً ذات أشجار شكليا ممتلئ لحده الأعظمي. حددت معاملات شكل مختلفة حسب كل صف ملوءة للمجموعات الحراجية تبعاً لارتفاع الأشجار.

ارتفاع الأشجار- المؤشر التصنيفي الأساسي في جداول شيڤيل الحجمية. يحتوي كل جدول على حجوم السوق ذات الارتفاع المحدد ولكن ذات قطر مختلف على ارتفاع الصدر، عامل ملوءة مختلف وتبعاً لهذا معاملات شكل وأطوال تيجان مختلفة. تقدر الحجوم لكل الشجرة، للساق وبشكل مستقل للخشب الضخم، عدا ذلك يشار إلى الأقطار على ربع ونصف وثلاثة أرباع ارتفاع الشجرة.

تعتبر جداول شيڤيل عامة، تعطى فيها للأشجار التي لها نفس الارتفاع والقطر ولكن ذات معاملات شكل مختلفة حتى سبع مؤشرا حجمية (الجدول 14).

من الجدول (14)، واضح بأن جداول شيفيل تشترط الاختلافات في الأقطار على منتصف الارتفاع 0،8–1سم، عند الاختلافات في معاملات الشكل 0،02. يشكل الاختلاف في حجوم السوق نحو 4٪.

جدول 14. حجوم السوق حسب جداول شيفيل للصنوبر بارتفاع 25 م، وقطر على ارتفاع الصدر 40سم تبعاً لمعامل الشكل.

معامل الشكل	القطر على منتصف الارتفاع، سم	حجوم السوق م^3	معامل الشكل	القطر على منتصف الارتفاع، سم	حجوم السوق م^3
68،0	2،27	48،1	60،0	24	26،1
66،0	4،26	42،1	58،0	23	20،1
64،0	6،25	37،1	56،0	22	15،1
62،0	8،24	32،1			

استخدام جداول شيفيل في العملي صعب جداً، لأن تحديد القطر على منتصف الارتفاع بدقة حتى 0،8سم غير ممكن.

لم تحصل جداول شيفيل على استخدام عملي بسبب تعقد بنائها والدقة الزائدة للمؤشرات (الدلائل) غير أن قيمتها تنحصر في أنه عند تشكيلها كان قد استخدم أسلوب جديد واكتشفت القوانين التي تظهر تأثير الاختلافات في الشكل على حجوم السوق. تستخدم بعض الأساليب التعليمية المقترحة من قبل شيفيل عند تشكيل الجداول الحجمية المعاصرة.

2-4- الجداول الحجمية الإقطاعية (جداول كريودينر):

تم العمل على إنشائها في أكثر الغابات الروسية قيمة في عام (1904–1913)، حيث تم قطع وقياس أكثر من 108 ألف شجرة، استحوذت مقاييس الأعمال كل ماكان قد عمل في هذا المجال في البلاد الخارجية.

شكلت الجداول الجديدة 20 مجلد مستقل. تميز بناؤها بتعقيد كبير جداً، قدرت حجوم الأشجار تبعاً لسبعة عوامل:

1. نوع الشجرة، 2. منطقة النمو، 3. طراز المجموعات الحراجية، 4. شكل الأشجار، 5. العمر، 6. الارتفاع، 7. القطر على ارتفاع الصدر.

لم تحصل الجداول الحجمية الإقطاعية على استخدام واسع في العملي، غير أنه لكونها مبنية على أساس كمية كبيرة من المعطيات الواقعية، تستخدم في البحوث القياسية كمعلومات للمراقبة (للمشاهدة) عند دراسة أشكال ومقاييس الأشجار.

أظهرت التجربة الطويلة لاستخدام الجداول الحجمية بأن أفضلها هي الجداول التي تعتمد في تشكيلها على معطيات عن الارتفاع، القطر وملوءة الخشب للساق الموصوفة بمعاملات الشكل. مثل هذه الجداول تعطي حجوم للأشجار قريبة إلى الواقعية.

المطلب الإلزامي (الحتمي) المقدم إلى الجداول– البساطة المتناهية في بنائها، في هذه العلاقة أفضلها كانت الجداول الحجمية الروسية المؤقتة، التي في وقتها وجدت استخداماً عملياً واسعاً، بغض النظر عن الأخطاء الكبيرة للنتائج المحسوبة بواسطتها.

2-5- جداول أورلاف (Orlave) الحجمية Dr. Orlafe volume tables:

شكل البروفيسور أورلاف وشوستاف الجداول الحجمية للصنوبر حسب صفوف البانيتيت (الإنتاجية) محاولين الجمع بين الدقة الكافية للجداول مع بساطة البناء.

إن التقسيم إلى صفوف الإنتاجية يعتبر أساس تصنيف الغابات عند قياسها وتنظيمها.

في نهاية المطاف كون البروفيسور أورلاف وشوستاف 21 جدولاً، أعطي لكل صف بانيتيت ثلاثة جداول تشير إلى حجوم السوق المختلفة من حيث ملوءة الخشب:

1-للسوق الأكبر حجماً التي تملك بالمقابل أعلى معاملات شكل.

2-للسوق المتوسطة الحجم ذات معاملات الشكل الوسطى.

3-للسوق ذات الاستدقاق القوي وأقل معاملات شكل.

بقيت فكرة تشكيل جداول حجمية محلية تعكس خصائص شكل السوق لفترة طويلة في القياسات الغابية. بعد تشكيل جداول حسب معاملات الشكل للسوق، تغيرت وجهة النظر هذه لدرجة كبيرة. غير أن التوحيد، حتمي في الجداول الحجمية العامة، بدون استثناء الأشجار الشاذة من الحساب. وضع صفوف الجداول، في هذه الحالة صفوف البانيتيت وثلاثة صفوف للشكل يسمح بتعميم المؤشرات المحلية الكثيرة في عدة فئات تقنية عامة.

الجداول الحجمية التي شكلها البروفيسور أورلاف كانت قد سميت **بالجداول البانتيتية**. هذا يستوجب دراسة العمر ومتوسط الارتفاع للمجموعات الحراجية عند استخدامها.

يتوجب الإشارة إلى أن الأشجار ذات الأقطار الواحدة والتي تنمو في مجموعات حراجية لها نفس البانيتيت (تنتمي إلى صف بانيتيت واحد) ستملك ارتفاع مختلف باختلاف العمر.

حسب أبحاث البروفيسور تيورين: أشجار الحور المرتجف في العمر 85 سنة بقطر 24 سم حسب ظروف موقع النمو التي تنتمي إلى صف البانيتيت I تملك ارتفاع 25م وحجم0،54م^3، الأشجار ذات العمر 65 سنة لها نفس القطر- ارتفاعها 23م وحجمها 0،5م^3، الأشجار ذات العمر 45 سنة- ارتفاعها 21م وحجمها 0،46م^3.

ملاحظة: صف البانيتيت يعني إلى أي صف ارتفاع تنتمي المجموعة الحراجية عند عمر محدد، ويمكن أن يعبر عنه بصف الإنتاجية أو صف الخصوبة.

فيما لو تم تحديد البانيتيت حسب العمر والارتفاع، فكان من المفروض أن أشجار هذه المجموعات الحراجية أن تنسب إلى صف البانيتيت I، أي تقييمها وفق جدول واحد. في هذه الحالة حجوم الأشجار التي قطرها 24 سم في المجموعات الحراجية الثلاثة تبعاً لذلك من المفروض أن تكون واحدة. بهذه الصورة، حجوم الأشجار في المجموعات الحراجية الأكبر سناً كانت قد بدت منقوصة أما في الأكثر شباباً بدت قيمتها زائدة بالمقارنة مع الجداول الحجمية.

أظهرت أبحاث قسم القياسات الغابية لمعهد تكنولوجيا الأخشاب في موسكو، بأنه مع ازدياد عمر الأشجار لصف واحد (للمخروطيات 20 سنة)، صف الارتفاع يزيد إلى 0،3م من قيمة الصف، أما معاملات شكل السوق فتتناقص خلال نفس الفترة إلى 0،003، لذلك عند استخدام الجداول الحجمية البانيتيتية يحدد صف البانيتيت للمجموعة الحراجية المقيمة ليس حسب العمر والارتفاع، بل حسب الأقطار على ارتفاع الصدر والارتفاع.

عند تطابق الارتفاع المقاس مع المعطيات الجدولية لأشجار البانيتيت I تنسب المجموعة الحراجية المقاسة إلى صف البانيتيت I عند التطابق مع معطيات البانيتيت II تنتسب إلى صف البانيتيت II، وهكذا دواليك. في مثالنا عند مقارنة الارتفاعات الواقعية مع الجدولية (القطر 24سم) الأشجار بارتفاع 25م سوف تقيم حسب جداول للبانيتيت I، بارتفاع 23م- للبانيتيت II، بارتفاع 21م- حسب جداول تنتمي للبانيتيت III.

إذا تم الاهتداء بتناسب الأقطار والارتفاع يمكن اختيار الجدول الذي مؤشراته ستكون أكثر قرباً إلى حجوم الأشجار المقيمة.

هكذا عند استخدام الجداول الحجمية للمجموعات الحراجية المختلفة العمر والتي تنتمي حسب شروط النمو إلى صف بانيتيت واحد، تقيم واقعياً حسب الجداول المشكلة لصفوف البانيتيت المختلفة. لتجنب الغلط أو الاختلاط اقترح البروفيسور تريتياكاف تسمية الجداول البانيتيتية بالجداول حسب صفوف الارتفاع.

2-6- جداول الصناعات الحراجية الحجمية Log industries table:

تشكيل جداول حجمية عامة جديدة، مسماة جداول الصناعات الحراجية الاتحادية كان قد كُلِّفَ بها كل من البروفيسور توفستوليس، زاخاروف للصنوبر والبروفيسور شوستاف للسنديان والبروفيسور تيورين، للبتولا والحور المرتجف، قاد العمل البروفيسور أورلاف.

بنيت جداول الصناعات الحراجية حسب الصفوف بشكل مشابه للجداول الحجمية الروسية المؤقتة لكن عدد الصفوف المتخذ كان أكبر، وعدا ذلك شكلت ثلاثة جداول لكل صف ارتفاع مكان واحد (تبعاً لشكل السوق).

اتبعت الطريقة التالية لتشكيل الجداول الحجمية:

1- على أساس تحليل المعلومات الواقعية عن مقاييس الأشجار، حدد عدد صفوف الجداول.

2- أوجد لكل من الصفوف المعتمدة وحسب صفوف الأقطار المستقلة ارتفاع الأشجار بالطريقة البيانية.

3- حددت معاملات شكل السوق للأشجار التي تملك أقطار مختلفة على ارتفاع الصدر والارتفاع المتخذ (المعتمد) لكل صف (تبعاً لقطرها وارتفاعها في كل صف).

4- باستخدام علاقة معاملات الشكل مع معدلات الشكل (انظر الفصل السابق) أوجدت معدلات الشكل للأشجار مختلفة الأقطار والارتفاع. التي بضربها بحجم الأسطوانات التي تملك أقطاراً وارتفاعات متماثلة مع المقاييس المحددة للأشجار ذات الصفوف المختلفة، تم الحصول على حجومها. هذا الأسلوب لتحديد حجوم السوق يعتبر أساس عند تشكيل الجداول الحجمية.

5- من أجل صفوف الارتفاع المستقلة وفقاً (بمقتضى) لصفوف الأقطار أوجدت بواسطة الأقطار على ارتفاعات الصدر والارتفاع، أقطار الساق في المقاطع المأخوذة عند قاعدة الساق، ربع، نصف وثلاثة أرباع ارتفاعه. طبقاً لهذه الأقطار وارتفاع الساق بني المنحني الذي يظهر تغير قطر الساق من قاعدته حتى قمته.

6- بمساعدة هذا المنحني أوجدت أقطار الساق مختلفة القياس على ارتفاع 1،3،5،7،9م وأعلى اعتباراً من قاعدة الساق والتي اعتبرت متوسطات للقطع ذات المترين. أوجدت حجوم هذه القطع حسب جداول حجوم الأسطوانات، جمعت وتم الحصول على الحجم الكلي للسوق ذات الارتفاع المستقل وصفوف الأقطار المستقلة.

لتشكيل الجداول الحجمية تم استخدام قياسات الأشجار الموديل الجارية عند تنظيم الغابات: للصنوبر-2716، التنوب -4299، السنديان-5542، البتولا -998، الحور المرتجف -478.

كمثال نورد الجداول الحجمية للصنوبر بشكل وسطي (q_2=0،65) التي شكلها البروفيسور توفستوليس(جدول 15):

جدول 15. الارتفاع h(م)، الحجم مع اللحاء v ($م^3$)، لسوق الصنوبر حسب صفوف الارتفاع عند معامل شكل وسطي q_2=0،65 (حسب توفستوليس):

القطر على ارتفاع الصدر مع اللحاء (سم)	صفوف الارتفاع								
	I_b		I_a		I		II		
	h	V	h	V	h	V	h	V	
4	11	008،0	10	007،0	9	006،0	7	005،0	
8	15	040،0	14	036،0	12	031،0	11	028،0	
12	19	112،0	18	102،0	16	088،0	14	079،0	
16	24	233،0	22	221،0	20	185،0	18	169،0	
20	28	423،0	26	389،0	23	327،0	21	300،0	
24	31	644،0	28	584،0	25	511،0	23	469،0	
28	33	926،0	30	839،0	27	732،0	25	671،0	
76	39	560،7	35	770،6	32	700،6	29	500،5	
80	39	370،8	35	470،7	32	720،6	29	110،6	
	III		IV		V		V_a		
	h	V	h	V	h	V	h	V	
4	6	005،0	5	004،0	5	004،0	4	003،0	
8	9	026،0	8	024،0	7	022،0	6	019،0	
12	13	76،0	12	070،0	10	063،0	8	053،0	
16	16	162،0	15	147،0	12	131،0	10	111،0	
20	19	282،0	17	264،0	14	225،0	11	195،0	
24	21	436،0	19	406،0	15	347،0	12	302،0	
28	22	628،0	20	584،0	16	501،0	13	432،0	
76	-	-	-	-	-	-	-	-	
80	-	-	-	-	-	-	-	-	

نشاهد في الجداول حجوم السوق ذات القطر على ارتفاع الصدر من 4حتى 80سم. كما هو واضح في (الجدول 15) بأنه عند الأشجار التي لها نفس القطر والتي تنمو في ظروف مختلفة يختلف الارتفاع بشكل كبير، مثال الأشجار التي قطرها عند مستوى الصدر 28سم تملك ارتفاع من 13حتى33م.

وضع البروفيسور توفستوليس ثمانية صفوف ارتفاع في الجداول الحجمية. أكثر الأشجار ثخانة (بقطر 76-80سم) تبدو أيضاً أعلى الأشجار. يتراوح ارتفاعها من 29 حتى39م. يمكن مصادفة مثل هذه الأشجار فقط في المجموعات الحراجية التي سوف تقيم حسب صفوف الارتفاع I،II، I_a، I_b . لا تصادف أشجار ذات مقاييس كبيرة في المجموعات الحراجية ذات صفوف الارتفاع المنخفضة.

شكل البروفيسور توفستوليس أيضاً جدولين حجميين مماثلين للسوق ذات معامل شكل وسطي أدنى (q_2=0،59) وأعلى (q_2=0،71)،

شكلت الجداول الحجمية للأنواع الخشبية الأخرى بنفس الشكل، كما للصنوبر.

يحدد عدد الجداول المطلوب لكل نوع خشبي تبعاً للارتفاعات التي تصادف في الظروف الطبيعية للأشجار.

وجد البروفيسور توفيستوليس بتشكيله للجداول الحجمية للصنوبر في أنه في ظروف مواقع النمو المختلفة، يمكن أن تكون الاختلافات في الارتفاع 20م وأكثر عند الأشجار ذات الأقطار المتوسطة (24-28سم). حدد الفواصل أو التدريجات في ارتفاع الأشجار للصفوف المتاخمة 2-3م، وهو اعتمد الصنوبر ثمانية صفوف ارتفاع.

درس البروفيسور تيورين نفس السؤال حول الحور الرجراج، ولم يجد مثل هذه الاختلافات الشديدة في الارتفاع. حسب معطياته، في ظروف النمو المختلفة لأشجار الحور الرجراج التي لها نفس الأقطار يبلغ الاختلاف الأعظمي في الارتفاع 9-10م لذلك وضع للحور المرتجف (الرجراج) فقط خمسة صفوف ارتفاع.

في جداول الصناعات الخشبية الاتحادية الحجمية وضع العدد التالي لصفوف الارتفاع حسب الأنواع المستقلة: للصنوبر- ثمانية. للسنديان والتنوب-سبعة، للبتولا-ستة، للحور الرجراج-خمسة.

يعتبر تحديد الارتفاع حسب صفوف الأقطار المستقلة مسألة هامة جداً. حلّ مؤلفي الجداول الحجمية الاتحادية هذا السؤال بشكل مختلف.

قبل كل شيء اهتدوا بالسلم المعتمد لتقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف البانيتيت، مستخدمين هذا بشكل واسع القوانين التي سنتطرق لها في بناء المجموعات الحراجية.

استخدم البروفيسور توفستوليس الأسلوب الأكثر نجاحاً لتحديد التناسب بين ارتفاعات وأقطار الأشجار. قسم الأشجار التي تعتبر مادة لتشكيل الجداول حسب صفوف البانيتيت، أي في الجوهر حسب صفوف الجداول، أما الأشجار التي تنتمي إلى صف بانيتيت واحد – إلى صفوف الأقطار (جدول 16) في هذا الجدول:

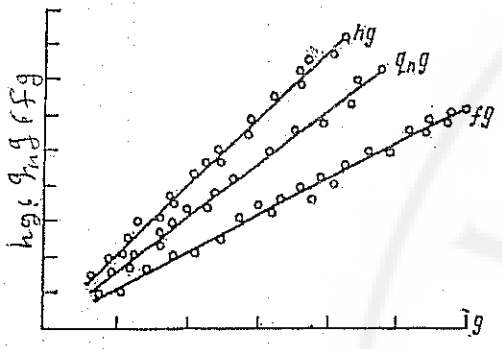
n: عدد لأشجار – الشخطات التي تقع فوقها توضح صف (فئة) الجداول، أما في الأسفل– تسلسل رقم صف القطر.

جدول (16). رسم تخطيطي لتوزيع الأشجار حسب صفوف الجداول وصفوف الأقطار المعتمدة، للبروفيسور توفستوليس عند تشكيل الجداول الحجمية.

صف (فئة) الجداول	صف القطر (سم)							
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	إلخ ،،،
I	$\bar{n}_1$	$\bar{n}_2$	$\bar{n}_3$	$\bar{n}_4$	$\bar{n}_5$	$\bar{n}_6$	$\bar{n}_7$	
II	$\bar{\bar{n}}_1$	$\bar{\bar{n}}_2$	$\bar{\bar{n}}_3$	$\bar{\bar{n}}_4$	$\bar{\bar{n}}_5$	$\bar{\bar{n}}_6$	$\bar{\bar{n}}_7$	
III	$\bar{\bar{\bar{n}}}_1$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_2$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_3$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_4$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_5$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_6$	$\bar{\bar{\bar{n}}}_7$	
إلخ								

بحساب المتوسط الحسابي لارتفاع الأشجار التي تنتمي إلى فئة جدولية وصف أقطار واحد حصل البروفيسور توفستوليس على جدول تناسب الارتفاعات وأقطار الأشجار حسب الصفوف (الفئات) المشكلة وفق نفس الرسم التخطيطي الذي في الجدول 16.

هو ضرب الارتفاعات الحاصلة h بمساحات المقاطع g التي تتطابق مع صفوف الأقطار ورسم منحني موضحاً عليه على محور العينات الجداء (h.g) وعلى محور السينات مساحات المقاطع التي توافقها (الشكل 46).



الشكل 46. منحني العلاقات الخطية للارتفاعات، معاملات الشكل ومعدلات الشكل مع مساحات المقاطع العرضية للسوق.

عند وصل النقاط الموضوعة نحصل على خط مستقيم مائل قليلاً. طبقاً لمساحات مقاطع صفوف الأقطار المستقلة (على مستقيم الارتفاعات) كانت قد أخذت قراءات قيم h.g وقسمت على المقدار g وفي النتيجة تم الحصول على الارتفاع المعدل لصفوف الأقطار المستقلة. دون هذا الارتفاع المعدل في جدول مشابه للجدول 16.

شكلت الجداول الحجمية لثلاث صفوف شكل للسوق (باستثناء الحور الرجراج، الذي اعتبره البروفيسور تيورين بأنه يمكن تحديده بصف شكل واحد متوسط).

بعد إعداد المعلومات الواقعية الموضوعة في أساس الجدول، كان قد تم إيجاد المتوسطات الحسابية لمعاملات شكل السوق وحدود تغيرها (اختلافها) عند الأشجار المستقلة. قسم مجال التأرجح (الاختلاف) إلى ثلاثة أجزاء ولكل منها تم وضع معامل الشكل الوسطي، الذي يصف ملوءة خشب السوق المطابق للصف (جدول 17).

جدول 17. معاملات شكل السوق، المعتمدة عند تشكيل الجداول الحجمية للصناعات الخشبية الاتحادية.

النوع	قيمة معاملات شكل السوق للصفوف		
	منخفضة الشكل	متوسطة الشكل	عالية الشكل
الصنوبر	59.0	65.0	71.0
التنوب	60.0	70.0	80.0
السنديان	58.0	68.0	78.0
البتولا	57.0	66.0	75.0
الحور المرتجف	–	70.0	–

ضمن حدود كل صف شكل للسوق وصف بانتيت (فئة الجداول) معاملات الشكل الوسطي المعدلة q1،q2،q3 لكل صف قطر ضربت بمساحة المقطع الوسطي لكل صف قطر. الجداءات الحاصلة (qn g) حملت على المنحني البياني وتم الحصول على خطوط مكسرة بشكل بسيط، التي بعد التعديل المناسب بدلت بخطوط مستقيمة أكثر احتمالاً. حسب هذه الخطوط المستقيمة أخذت قراءات قيم (qn g) وبعد تقسيمها على g أوجدت القيمة المدققة لـ q_n.

وجد البروفيسور توفستوليس بأن معامل الشكل للصنوبر يزداد من البانيتيت العالي إلى المتدني. البروفيسور زاخاروف الذي وضع جداول للتنوب أيضاً حدد علاقة معاملات الشكل بارتفاع السوق: مع ازدياد الارتفاع تتناقص معاملات الشكل.

يتعلق معامل الشكل أيضاً بالقطر على ارتفاع الصدر: حتى 20سم معامل الشكل يتناقص بسرعة، أما في صفوف الأقطار الأعلى بشكل أبطئ. هذا أعطى أساس للبروفيسور توفستوليس بأن يدخل في الجداول الحجمية للصنوبر لصفوف الأقطار المختلفة معاملات شكل مختلفة.

ظهرت للأنواع الخشبية الثلاثة: الصنوبر، التنوب والسنديان، أثناء عملية إعداد عملية المعلومات علاقة معاملات الشكل مع ارتفاع الأشجار، مما أدى إلى الانعكاس المناسب في الجداول المشكلة.

لم يتم إيجاد هذه العلاقة للبتولا والحور المرتجف، لذلك قد اتخذ لها معامل شكل وسطي واحد بغض النظر عن العلاقة مع ارتفاع الأشجار.

السؤال عن علاقة معاملات الشكل بارتفاع وقطر الساق كان قد تعرض لتحليل دقيق من قبل البروفيسور تريتياكاف في عمله (طريقة تشكيل الجداول الكتلية لأشجار الأنواع القيمة في شمال القوقاز 1937م). وقد أثبت بأنه مع ازدياد ارتفاع الأشجار معاملات الشكل تتناقص، لكنه اعتبر بأن تغير معاملات الشكل للحور المرتجف والبتولا والحور الرومي في حالات منفردة عند تغير الأقطار ضئيل جداً.

بمساعدة جدول معاملات الشكل يمكن تحديد قطر الأشجار على الارتفاع المناسب حسب المعادلة البسيطة التالية:

$$d_n = q_n . D \qquad (111)$$

وهكذا عند الأشجار بارتفاع 24م وقطر على ارتفاع الصدر 32سم، الأقطار على الارتفاع المختلف للساق ستكون:

- عند قاعدة الساق: $d_0=1$، 38=12.32، 7 cm
- على ارتفاع 6م (1/4 الارتفاع): $d_6= 0$ cm، 27=867.32، 7
- على ارتفاع 12م (1\2 الارتفاع): $d_{12}= 0$، 22= 695.32، 2 cm
- على ارتفاع 18م (3\4 الارتفاع): $d_{18} = 0$، 13= 433.32، 9 cm

بأسلوب مماثل حددت الأقطار على الارتفاع المختلف لسوق الأشجار المختلفة الارتفاع وذات الأقطار المختلفة على ارتفاع الصدر، عند تشكيل الجداول الحجمية. على أساس هذه المعطيات بنيت منحنيات الاستدقاق والتي بواسطتها أوجدت الأقطار في وسط القطع ذات المترين. وحسب هذه الأقطار حددت حجوم القطع. مجموع حجوم القطع يعطي الحجم العام للساق.

شكل باحثون كثيرون على أساس الجداول الحجمية للصناعات الخشبية الاتحادية الجداول السرتيمينتية.

تستخدم الجداول التي شكلت للأشجار ذات صف الشكل المتوسط بشكل واسع، لم تحصل الجداول المخصصة لصفوف الشكل الحدية (السوق الأكثر امتلاءً والأكثر استدقاقاً) على استخدام في العملي.

خلال الوقت الذي مضى بعد تشكيل الجداول الحجمية، دُرِّسَ السؤال حول تغير معاملات الشكل بشكل دقيق. لقد أثبت الباحثون بأنه في نفس المجموعة الحراجية تتغير معاملات الشكل تقريباً في نفس الحدود، التي تتغير فيها في المجموعات الحراجية الكبيرة.

تستوعب الجداول الحجمية للصناعات الخشبية الاتحادية كما سبق وتحدثنا من 5-8 صفوف ارتفاع. مثل هذا العدد من التدريجات في تناسب الأقطار والارتفاعات يسمح بإيجاد المؤشرات المتماثلة في الجداول للمجموعات الحراجية المتنوعة التي يمكن مصادفتها في الطبيعة.

2-7 الطريقة البيانية لتحديد الحجوم Volume graphic estimation:

يمكن تبديل الجداول الحجمية بالمخططات البيانية المناسبة، تشكل الجداول الحجمية بمساعدة المخططات البيانية ذات التصميم أو الإنشاء الضروري. حُلّت هذه المسألة من قبل العالم أنوتشين لأول مرة في نهاية الثلاثينيات وبداية الأربعينيات من القرن العشرين. لبناء المخطط البياني كانت قد استخدمت المعادلة الأساسية التي تحدد حجم الساق. $v = g.\square.f$

وفق أبحاث أنوتشين معدل الشكل للساق يساوي:

$$F = k + \frac{3k}{h}$$

بما يتوافق مع هذه الصيغة فإن المعادلة التي تحدد حجم الساق ستكون على الشكل التالي:

$$V = g\square\left(k + \frac{3k}{h}\right) = g(3k + k\square) \qquad (112)$$

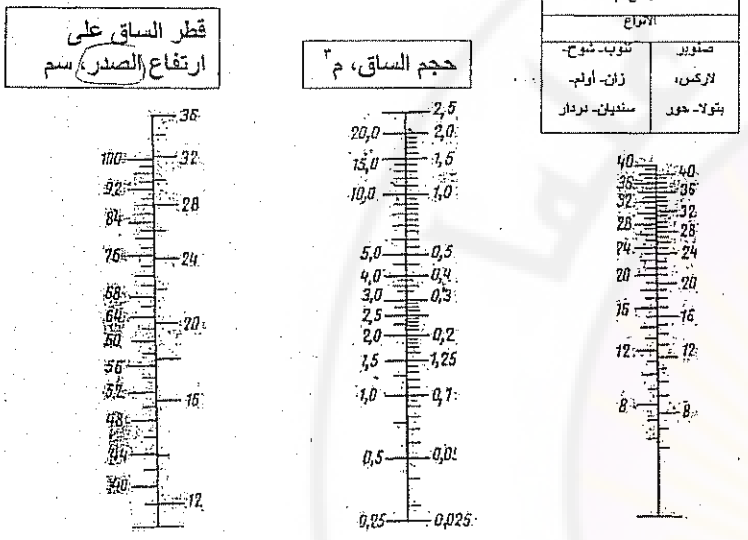
بتحويل المعادلة $v = g(3k + k\square)$ إلى معادلة لوغاريتمية وتقسيم طرفي المعادلة بالمناصفة، تم الحصول على المعادلة الرياضية التالية والتي على أساسها حسبت المعطيات الضرورية لمخطط حجوم السوق الخشبية:

$$0{,}5log\ V = \frac{\log g + log(3k + kh)}{2} \qquad (113)$$

ينظر إلى المعادلة الرياضية الواردة كمعادلة تحدد طول الخط الوسط للمعين المنحرف.

وضعت المقادير الداخلة في المعادلة في المقياس المناسب على المحاور المتوازية. في النتيجة أنشئ المخطط البياني (الشكل 47).

بناء المخطط البياني من حيث المبدأ يتشابه مع بناء تدريجات المسطرة اللوغاريتمية. في تلك الحالة وفي غيرها تحمل على التدريجات المطابقة لوغاريتمات الأعداد أما مقابل التقسيمات التي تحددها هذه اللوغاريتمات فيشار إلى الأعداد.



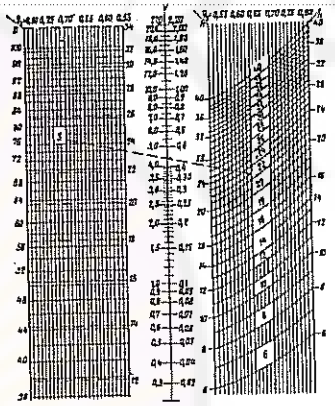
الشكل 47. مخطط بياني لتحديد حجم السوق حسب القطر $d_{1/3}$ وارتفاع الساق لدى تقسيم الأنواع الخشبية الأساسية إلى مجموعتين.

استخدام المخطط البياني بسيط للغاية، لنفرض أنه يجب إيجاد حجم الصنوبر بقطر 24 سم وارتفاع 20م نضع المسطرة على المخطط البياني بشكل يسمح لنا بوضع نهايتي المسطرة، اليسارية على التدريجة 24سم واليمينية على التدريجة 20م، في هذه الحالة الجزء الوسطي للمسطرة على التدريجة الوسطى يعطينا القراءة 0،40، هذا العدد هو حجم الساق في هذه الحالة.

يسمح المخطط البياني المدروس بتحديد حجوم السوق ذات الشكل المتوسطي، غير أنه في عملي الحراج يمكن أن نضطر لتحديد حجوم السوق التي لها معدلات شكل مختلفة، لهذا أعد العالم أنوتشين مخططاً بيانياً ثانياً لهذه الحالة يسمح بإيجاد حجوم السوق التي تملك أقطار، ارتفاعات ومعدلات شكل مختلفة.

عند تشكيل هذا المخطط البياني استخدمت القاعدة في تغير معدلات الشكل تبعاً للارتفاع ومعامل الشكل معبراً عنها بمعادلة شيفيل.

لإيجاد حجم الساق بهذا المخطط البياني (الشكل 48) من الضروري معرفة قطره على ارتفاع الصدر، الارتفاع ومعامل الشكل:



الشكل 48. مخطط بياني لتحديد حجوم السوق حسب القطر، الارتفاع ومعامل الشكل.

في الشبكة اليسرى للمخطط البياني نجد مكان تقاطع خط القطر المدروس ومعامل الشكل، وطبقاً لهذه القيم في الشبكة اليمنى نجد مكان تقاطع الخطوط الأفقية والعمودية. توضع المسطرة على المخطط البياني بحيث تكون نهايات المسطرة تلامس النقط الموجدة. النقطة التي تلامس فيها المسطرة التدريجة الوسطى تشير إلى حجم الساق المطلوب. على الشكل الخط المنقط يشير إلى وضع المسطرة الذي بواسطته يحدد حجم الساق بقطر 24سم وارتفاع 22م بمعامل شكل 0،65، التدريجة الوسطى تشير إلى حجم الساق لهذه المقاييس ويساوي 0،43م^3.

8-2 تحديد حجوم الفروع واللحاء والكتلة الحية Biomass، bark and Branches volume estimation:

يمكن إيجاد حجم الفروع بالطرق الفيزيائية للقياس. يحدد في عملي القياسات حسب جداول الحجوم والتي فيها يعبر عن حجم الفروع بالنسبة المئوية بالنسبة لحجم الساق مع اللحاء. تتناقص نسبة حجم الفروع مع ارتفاع معامل الشكل عند أشجار النوع الواحد ذات الأقطار والارتفاعات الواحدة. مع ازدياد قطر الأشجار يلاحظ ازدياد نسبة حجم الفروع.

اقتراح البروفيسور تيورين المعادلة التالية لتحديد نسبة حجم الفروع عند الصنوبر:

$$Pa=10+0.1d \quad (114)$$

تعطي هذه الصيغة نتائج مرضية في تلك الحالة، إذا كان مع ازدياد قطر الأشجار يتناقص معامل الشكل.

يمكن إيجاد حجم اللحاء للأشجار المقطوعة كالفرق بين حجوم السوق مع اللحاء وبدون اللحاء، يعبر عن حجم اللحاء، كما حجم الفروع على الأغلب بالنسبة المئوية من حجم الساق مع اللحاء.

مع ازدياد معامل الشكل عند نفس تلك الارتفاعات والأقطار نسبة اللحاء تتناقص، مثال: حسب جداول الصناعات الخشبية الاتحادية عند الصنوبر بارتفاع 29م، وقطر على ارتفاع الصدر 36سم يشكل اللحاء عند معامل الشكل 0،71، 10٪ عند معامل الشكل 0،65، 12٪، عند معامل الشكل 0،59، 15٪.

مع ازدياد القطر والارتفاع، ولكن عند نفس معامل الشكل نسبة اللحاء أيضاً تتناقص.

وصف البروفيسور تيورين علاقة سماكة اللحاء بمعاملات الشكل والقطر على ارتفاع الصدر d لسوق البتولا بالعلاقات التالية:

- عند معامل الشكل 0،75: $4 + 0.1d - 0.2K = 0$ (115)
- عند معامل الشكل 0،66: $1 + 0.1d - 0.2K = 0$ (116)
- عند معامل الشكل 0،57: $2 + 0.1d + 0.2K = 0$ (117)

حيث 2K = السماكة المضاعفة للحاء على ارتفاع الصدر، سم.

في الجدول (18) نورد معطيات عن نسبة اللحاء عند الأنواع الخشبية المستقلة.

جدول 18. العلاقات بين قطر الشجرة ونسبة اللحاء.

النوع	نسبة اللحاء عند قطر الساق على ارتفاع الصدر، مم						
	16	20	24	28	32	36	40
السنديان	21	21	19	17	17	16	16
الصنوبر	13	13	13	13	12	12	12
التنوب	11	11	10	10	10	10	9

مع سوء ظروف موقع النمو تتزايد نسبة اللحاء لدرجة ما. مثال: في الجداول الكتلية للسنديان من صف الارتفاع Ia يشكل اللحاء 15-٪، في الصفوف I،II-17٪، في الصف III-18٪، في الصف IV-19٪، وفي الصف الخامس-20٪.

أجرى كورسون في تشيكوسلوفاكيا دراسة دقيقة لحجم اللحاء والفروع عند التنوب وقد حدد الحجم مع اللحاء وبدون اللحاء لـ 200 شجرة مع القياس المتكرر حسب القطع ذات المتر الواحد، أما حجم الفروع فأوجد بمساعدة الكسيلومتر.

انطلق كورسون في حساباته من المعادلة البسيطة التالية:

$$k = \frac{V_{\text{بدون اللحاء}} - V_{\text{مع اللحاء}}}{V_{\text{مع اللحاء}}} 100 \qquad (118)$$

يمكن التعبير عن حجوم السرتيمنتات بالشكل المنشور للمعادلات التالية:

$$V_{\text{مع اللحاء}} = \frac{\pi D^2}{4} L \quad ; \quad V_{\text{بدون اللحاء}} = \frac{\pi d^2}{4} L$$

حيث: L: طول الجذع، D: القطر مع اللحاء في وسط طول السرتيمنت.

d: القطر بدون لحاء في نفس المقطع.

بوضع الحجوم التي تعبر عن علاقتها بالقطر وطول السرتيمنتات في المعادلة (118) نحصل على المعادلة التالية:

$$k = 100 \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L - \frac{\pi}{4} d^2 L}{\frac{\pi}{4} D^2 L} = 100 \frac{D^2 - d^2}{D^2} \qquad (119)$$

فرق الأقطار مع اللحاء وبدون اللحاء يساوي السماكة المضاعفة للحاء، حيث t يعني سماكة اللحاء، طبقاً لهذا يمكن إعطاء المعادلة التي تحدد نسبة اللحاء الشكل التالي:

$$K = 100 \frac{D^2 - (D-2t)^2}{D^2} = 400 \frac{t}{D} \left(1 - \frac{t}{D}\right) \qquad (120)$$

المقدار $\left(1 - \frac{t}{D}\right)$ قريب إلى الواحد، نظراً لهذا إذا أهمل يكون الخطأ الحاصل صغيراً جداً، فتصبح معادلة تحديد نسبة اللحاء هي التالية:

$$k = 400 \frac{t}{D} \qquad (121)$$

بهذا الشكل نسبة اللحاء تساوي سماكة اللحاء مضروبة بـ 400 ومقسومة على قطر السرتيمنت.

على أساس حساب حجم اللحاء عند 200 شجرة تنوب توصل كورسون لنتيجة: بأن اللحاء عند الأشجار السميكة يشكل 10٪، عند الجذوع متوسطة الثخانة 11٪، عند الجذوع الرفيعة من 12-15٪، في الأكوام عند القرم المكسرة 9-11٪، عند القرم المدورة 10-13٪، وأخيراً عند الأخشاب الرفيعة 18٪.

نتيجة إعداد المعطيات الحاصلة اقترح كورسون المعادلة التالية:

$$P_k = 12 - 0{،}12D \qquad (122)$$

حسب معطياته متوسط حجم القشرة عند التنوب 7،9٪.

حصل كوسون - بعد إعداد معطيات فلوري- على معادلة قريبة للمعادلة (122)

$$P_k = 11 - 0{،}4D \qquad (123)$$

وجد كورسون بأن نسبة حجم الفروع تتعلق بعلاقة قطر الساق إلى ارتفاعه، عبر عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$P_c = 17{،}4 \frac{D}{h} + 5{،}3 \qquad (124)$$

حيث: h: ارتفاع الشجرة، م.

حتى يتم تحديد نسبة القطر إلى الارتفاع D/h يجب أخذ القطر D بـ 100 مرة أكبر، أي عند السنتيمترات في القطر تقسم على عدد الأمتار في الارتفاع بدون تحويل هذه القيم إلى مقياس واحد. تتغير علاقة D/h عند التنوب من 66،0 حتى 83،1، في المتوسط تساوي 0،94 حجم الفروع في المتوسط يساوي 7،10٪ من حجم الساق مع القشرة.

في نهاية المطاف توصل كورسون إلى النتائج التالية:

1- تتناقص النسبة المئوية للحاء مع ازدياد القطر عند مستوى الصدر. عند ازدياد القطر إلى 10سم كمية اللحاء تتناقص إلى 1٪.

2- مع ازدياد علاقة القطر على ارتفاع الصدر إلى ارتفاع الشجرة إلى 1،0 تزداد كمية الفروع إلى 2٪.

كذلك حصل مؤلفون كثيرون على معطيات حول حجم اللحاء والفروع قريبة إلى معطيات كورسون.

في الوقت الأخير ازداد الاهتمام بتحديد الحجوم العامة للأشجار، بما فيها (الجذور، الأرومات، الفروع، الأوراق، الأوراق الإبرية). الحجوم العامة التي تحتوي كل أجزاء الشجرة والمجموعات الحراجية بشكل كامل من الشائع تسميتها **بالكتلة الحيوية العامة**. التي يعتبر تحديدها مسألة صعبة لدرجة ما.

الجذور وأجزاء الأشجار المتبقية في الأرض بعد القطع، الأفرع والأجزاء الخضراء للأشجار حسب شكلها بعيدة عن الأجسام الهندسية الحقيقية، لذلك إيجاد حجومها لا يمكن باستخدام قوانين الهندسة الفراغية. يمكن تحديد حجوم الجذور، الفروع والأجزاء الخضراء للشجرة فقط عن طريق استخدام الأساليب الوزنية والكسيلومترية (الأساليب الفيزيائية للقياس).

الجذور، الفروع، الأوراق المأخوذة بكميات غير كبيرة توزن في البداية، بعد ذلك تغطس في الماء في نتيجة التغطيس نوجد حجمها. بمعرفة كتلة الأجزاء المسماة للشجرة وملوءة الخشب أو كثافة الخشب (لنفرض 0،ام^3) عن طريق تقسيم المقدار الأول على الثاني يحدد حجم أجزاء الشجرة المطلوبة. في المحصلة يتم إيجاد الكتلة الحيوية العامة للشجرة ولكل المجموعة الحراجية.

عند حل هذه المسألة المعقدة لدرجة ما من المهم اختيار العينات للأجزاء المدروسة للشجرة. هنا يجب الوصول إلى مثل هذا الوضع بحيث تكون العينات المختارة نموذجية وتمثل بشكل دقيق الجزء المحدد من الكمية العامة للجذور والأجزاء الخضراء للشجرة. بالإضافة للصفات التشريحية لكل نوع خشبي، فكثافته تتعلق بالرطوبة. هذه الأخيرة تتغير لدرجة ما بسرعة عند الأجزاء المقطوعة من الشجرة. هذا الشرط أيضاً يتوجب دراسته عند حل المسألة التي نحن بصددها (تحديد حجم الكتلة الحية).

دراسة أو حساب وزن الكتلة الحية يعتبر مسألة قياسية جديدة وغير مدروسة كثيراً. للحل الأساسي لهذه المسألة لا بد من بحوث خاصة تعتمد على معلومات تجريبية كبيرة. يتعلق حجم الأرومة والجزء الأخضر للشجرة بمقاييسها وظروف موقع نموها.

نتيجة الأبحاث الجديدة يجب أن يتم إيجاد العلاقات المناسبة (علاقات الارتباط) وبواسطتها تحديد طرق القياس العملية لكل الكتلة الحية.

الباب الرابع

قياس المجموعات الحراجية

Stand Measurements

الفصل الأول

المؤشرات التقييمية (القياسية) للمجموعات الحراجية

Stand Measurement variables standards

1-1 مفاهيم عامة عن المؤشرات التقييمية Variables Fundamentals:

الغابة التي تنمو على مساحات واسعة تكون متنوعة جداً، بالمنشأ، الأنواع الخشبية، مقاييس الأشجار، العمر، الكثافة، المخزون الخشبي، نوعية الخشب ومؤشرات أخرى.

إن عزل أجزاء الغابة المتشابه في التجمعات الغابية الضخمة، يعد واحد من مسائل القياسات الغابية. قطاعات الغابة المتشابه ببنائها والتي تختلف بشكل واضح عن الأجزاء المتاخمة من الشائع تسميتها **بالمجموعات الحراجية**.

يعتبر الاختلاف في طبيعة المجموعات الشجرية أساساً لعزل المجموعات الحراجية.

المجموعات الشجرية: هي جملة الأشجار التي تشكل لحد معين قطاع غابي متجانس.

مفاهيم (المجموعة الحراجية) و(المجموعة الشجرية) مع أنها قريبة فيما بينها لكنها غير متماثلة.

القطاع الغابي المتشابه ليس فقط من حيث بناء طابق الأشجار العلوي ولكن حسب طبيعة الأشجار والشجيرات والنباتات الطحلبية والعشبية المتوضعة تحت سقف الأشجار تسمى مجموعة حراجية. بهذا الشكل نرى بأن مفهوم (المجموعة الحراجية) مفهوم أوسع من (المجموعة الشجرية).

غير أنه في عملي الحراج عند تقسيم الأراضي إلى قطاعات غابية مستقلة يعطى تركيب الطابق العلوي الأهمية الحاسمة، بمعنى الأشجار ذاتها(المجموعة الشجرية).

إذا شوهد في أجزاء مستقلة للمجموعة الشجرية المتشابهة فرق في النموات الخشبية والشجيرات لن يكون الغطاء النباتي هنا أساساً لتقسيمها إلى عدة مجموعات شجرية. لذلك يتوجب الاعتراف بأنه من وجه النظر العملية: مفهوم (المجموعة الحراجية) له نفس مفهوم (المجموعة الشجرية).

لتقسيم سطح الأرض الغابي المتنوع إلى أجزاء متشابهة أو مجموعات حراجية، من الضروري وضع الطريقة أو الأسلوب المناسب، والذي يشكل أساسه مجموعة المؤشرات الخاصة أو

المؤشرات القياسية، والتي بمساعدتها يوضع لكل مجموعة حراجية أو مجموعة شجرية **الوصف القياسي أو التقييمي** الذي يعكس خصائص بناء الغابة، قيمتها الاقتصادية والصناعية.

تنتمي إلى الدلائل التقييمية أو القياسية.

1- **منشأ المجموعة الحراجية:** صناعي أو طبيعي، بذري أو خضري.

2- **شكل المجموعة الحراجية:** بسيطة (مجموعات حراجية ذات طابق واحد، تتكون من سقف واحد) أو مركبة (مجموعات حراجية متعددة الطوابق، تيجان أشجارها تشكل عدة سقوف).

3- **تركيب المجموعة الحراجية:** الذي يعكس تناسب (نسبة) الأنواع الخشبية المشكلة للمجموعة الحراجية.

4- **الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية:** ككل وللأنواع الخشبية المستقلة.

5- **عمر المجموعة الحراجية:** وأجزائها المستقلة (حسب الأنواع، الطوابق).

6- **عناصر الغابة:** التي تمثل مجموعة الأشجار المتشابهة من حيث الارتفاع، العمر والنوع.

7- **بانيتيت المجموعة الحراجية:** مؤشر ظروف النمو الطبيعية لهذه المجموعة الحراجية.

8- **ملوءة المجموعة الحراجية:** كلياً وأجزائها المستقلة- درجة ملوءة الأشجار الواقفة التي تشكل المجموعة الحراجية.

9- **القطر الوسطي للأشجار:** التي تشكل المجموعة الحراجية بأكملها (عامة)، وكذلك أجزائها المستقلة (الطوابق، الأنواع الخشبية المستقلة).

10- **الاحتياطي الخشبي:** أو كمية الخشب في وحدة المساحة للمجموعات الحراجية عامة، وأجزائها المستقلة (الطوابق، الأنواع الخشبية).

11- **صف القدرة الإنتاجية على التسويق للمجموعة الحراجية:** أو أجزائها الذي يصف الحالة النوعية للمخزون الخشبي وصلاحيته لتصنيع المنتجات الغابية.

12- **نموذج الغابة:** مؤشر خاص يصف الظروف التاريخية الطبيعية لنمو هذه المجموعات الحراجية.

13- **النموات الخشبية والشجيرات.**

تسمى الاستمارة الإجمالية التي تضم المؤشرات التقييمية المحددة لمجموعة الحراجية **بالوصفة التقييمية أو القياسية.**

تعطي الوصفة القياسية تصوراً عن طبيعة الغابة، خصائص بنائها، والخشب الموجود فيها وقيمته الإنتاجية. عند توفر الوصفة القياسية تسقط ضرورة الكشف على الغابة في الطبيعة كل مرة عند حل أي مشكلة حراجية.

عند تخطيط حدود الغابة إلى قطاعات منعزلة يتم الاهتداء بالاختلافات الموجودة في المؤشرات القياسية.

1-2- منشأ المجموعة الحراجية Stand Origin:

تكون المساحات الغابية الواسعة على الأغلب ذات منشأ طبيعي، غير أنه أيضاً تصادف مساحات كبيرة في الغابة مشكلة بالطريقة الاصطناعية: بالبذر أو الغرس.

عند التقييم من المهم جداً معرفة منشأ المجموعة الحراجية، أما بالنسبة للمجموعات الحراجية المكونة بشكل اصطناعي فيجب معرفة أساليب إنشائها.

يملك الجزء الأكبر من أشجار المجموعات الحراجية المكونة اصطناعياً عمراً واحداً. في المجموعات الحراجية المكونة بالغرس تتوضع عادة في صفوف. عند الظروف الأخرى المتساوية تملك المجموعات الحراجية الاصطناعية تقريباً دائماً كثافة تراص كبيرة وكثافة عالية من حيث احتلال الفراغ الذي تشغله.

بخلاف المجموعات الحراجية المخروطية، تنشأ المجموعات الحراجية عريضة الأوراق بالطريقة البذرية وكذلك بطريقة الاخلاف أو الفسائل. عند تقييم هذه المجموعات الحراجية لا بد من دراسة أي فئة من هذه الأشجار تسيطر في المجموعات الحراجية.

تملك الأشجار البذرية المنشأ على الأغلب ساق مستقيم، عند الأشجار خضرية المنشأ جزء الساق السفلي والأكثر قيمة دائماً تقريباً معوج. الأشجار الخضرية التي تنشأ من البراعم الساكنة على أرومات الأشجار الأمهات نتيجة لذلك تملك وضع عشي (متشعب).

القيمة الصناعية لخشب الأشجار البذرية والخضرية مختلفة: على الأغلب السرتيفنتات المحضرة من الأشجار عريضة الأوراق بذرية المنشأ تكون ذات نوعية عالية وأكثر قيمة.

سرعة نمو المجموعات الحراجية البذرية والخضرية ليست واحدة. الأشجار الخضرية في المرحلة الأولى من حياتها تتغذى على حساب المجموع الجذري الأم الكبير، والذي من خلاله تحصل على الكمية الضرورية من الرطوبة والعناصر المعدنية، لذلك تنمو أسرع من

المجموعات الحراجية البذرية. لكن نمو المجموعات الحراجية الخضرية المنشأ يتوقف قبل البذرية وعدا ذلك هي غالباً تصاب بالأمراض المختلفة وبشكل أساسي بالعفن الداخلي.

بسبب التوقف المبكر عن النمو وإصابتها بالأمراض تكون المجموعات الحراجية الخضرية عادة في حالة أسوأ من البذرية لذلك من الضروري تخصيصها للقطع في عمر أبكر. تقل كثافة المجموعات الحراجية الخضرية، مع العمر (الموت الطبيعي) بشكل أسرع، المخزون الخشبي في المجموعات الحراجية الخضرية ما قبل النضج والناضجة أقل من البذرية. والأشجار تموت قبل البذرية، تزداد حصة الأشجار البذرية مع العمر في المجموعات الحراجية الخضرية الورقية.

1-3 شكل المجموعة الحراجية Stand Structure:

النباتات الخشبية، الشجيرية والعشبية تشكل في المجموعات الحراجية المستقلة عدة طوابق أو سقوف. تشغل الأشجار أعلى طابق. تتوضع الأشجار على الغالب في طابقين: الأول- من الأنواع المحبة للضوء مثل: الصنوبر، الثاني- من المتحملة للظل مثل: الـ tillia. تشكل الشجيرات، والجيل الشاب للأنواع الخشبية الطابق التالي. أخفض طابق والذي يغطي التربة يتكون من الطحالب والأعشاب.

تنتج طبقية المجموعة الحراجية عن اختلاف الخصائص البيولوجية للنبت الغابي وظروف الوسط.

يملك كل طابق غالباً تركيب نوعي محدد. الأشجار المنفردة للنوع والواقعة في الطابق العلوي يمكن أن تتأخر في النمو عن الكتلة الأساسية للأشجار وتتوضع في أسفل السقف العام.

عند التقييم من الضروري تقسيم المجموعة الحراجية إلى طوابق. أعَّد عملي الحراج لهذا معايير محددة. يعد الاختلاف في متوسط ارتفاع الفئات المستقلة للأشجار التي تشكل المجموعة الحراجية أساساً لتقسيم المجموعة الحراجية إلى طوابق.

تقسيم المجموعة الحراجية إلى طوابق يتوخى هدف مضاعف:

1- تدقيق الوصف التقييمي.

2- عزل الأجزاء التي ستجرى فيها التدابير الحراجية المختلفة مثال (في المجموعات الحراجية الورقية- المخروطية مهمة الحراج يمكن أن تكون القطع التدريجي للطابق العلوي- الطابق الورقي وإضاءة الثاني- المخروطي).

يتوجب الاقتراب إلى مسألة تقسيم المجموعة الحراجية إلى الطوابق بشكل منطقي (ديالكتيكي)، يجب الأخذ بعين الاعتبار بأنه تشاهد بين الطوابق رابطة. عند توفر طابق علوي كثيف يكون الطابق الثاني أقل كثافة.

المجموعات الحراجية التي تتكون من طابق علوي واحد تتشكل على الأغلب في تلك الحالات، عندما الطابق العلوي يستثني إمكانية تطور الطابق الثاني. مثال: غابات الزان، من جراء تحمل الزان للظل تشكل ظل قوي والذي لا يمكن أن ينمو تحته الطابق الثاني. أيضاً هذا يحدث في المجموعات الحراجية التنوبية المتراصة.

تقسم المجموعات الحراجية إلى مجموعات بطابق واحد، بطابقين، بثلاثة طوابق ....إلخ. تسمى المجموعات الحراجية التي تملك طابقين أو أكثر **متعددة الطوابق أو المركبة**، وذات الطابق الواحد- **البسيطة**.

في المجموعات الحراجية التي ينمو في طابقها العلوي نوع محب للضوء مثل الصنوبر، يمكن أن ينمو في الطابق السفلي في الظروف الأرضية المناسبة السنديان، التنوب، التيليا وغيرها).

في المجموعات الحراجية التي يسودها في الطابق العلوي السنديان، الدردار، الأولم يتكون من الطابق الثاني من الأنواع: التفاح (Malus)، الإجاص (Pyrus)، القيقب (Acer)، الشربين (Carpinus) وغيرها.

في المجموعة الحراجية المكونة من أشجار نوع واحد يمكن أن يتكون عدة طوابق. في هذه الحالة في الطابق العلوي ستكون الأشجار الأكبر سناً، أما في الثاني وكل المتبقية - الأكثر شباباً.

غالباً الأنواع الخشبية المتحملة للظل تشكل المجموعات الحراجية متعددة الطوابق من عدة أجيال.

تنتسب إلى عدادها بالدرجة الأولى الغابات المخروطية الغامقة- من التنوب والشوح. غير أن التقسيم الواضح إلى طوابق في تلك المجموعات الحراجية لن يلاحظ لكون تلاحم السقف فيها عمودياً.

الطابق الذي يشكل الجزء الأكبر من المجموعة الحراجية من حيث الاحتياطي الخشبي يسمى **أساسي**، أما الطوابق المتبقية – فتسمى **ثانوية**.

تميز الأشجار التي تشكل طوابق مستقلة، حسب حجمها (قدها) وعند القطع يمكن أن تستخدم لتحضير سرتيمنتات مختلفة الأغراض: أشجار الطابق العلوي- للجذوع المدورة والمعدة للنشر، الكتل العارضية، جذوع للبناء والسرتيمنتات الكبيرة الأخرى، أشجار الطابق السفلي- لسرتيمنتات عملية صغيرة، قوائم منجمية، أخشاب لتصنيع الورق، والقضبان الخشبية وغيرها.

التقسيم إلى طوابق له أهمية اقتصادية ولذلك يجب أن يكون في كل طابق معزول احتياطي خشبي كبير نوعاً ما.

لا يتم العزل إذا كان هذا أو ذاك الطابق يملك احتياطي قليل والذي سيتم فيه إجراء تدابير غابية خاصة من وجه النظر الاقتصادية لا جدوى منه (لا يتحقق الغرض)، أيضاً لا تعزل الطوابق عند غياب الاختلاف في بنائها البضائعي (من حيث القدرة الإنتاجية على التسويق). وعند وجود فرق غير كبير في متوسط ارتفاع الأشجار.

تعزل في الطوابق المستقلة تلك الأجزاء من المجموعة الحراجية التي متوسط ارتفاعها يختلف بمقدار أكثر من 20٪. إذا كان الارتفاع الوسطي للطابق الأول لا يتجاوز 15م، لا تقسم المجموعة الحراجية إلى طوابق عند وصفها.

يميز الطابق الثاني في تلك الحالة، إذا كان مخزونه الخشبي بشكل ليس أقل من 30م^3 في الهكتار وليس أقل من 20٪ من الاحتياطي الخشبي للطابق الأساسي.

يجب أن يكون الارتفاع الوسطي للطابق الثاني ليس أقل من منتصف الارتفاع الوسطي للطابق الأساسي.

4-1- تركيب المجموعة الحراجية Stand Composition:

يسمى جرد الأنواع الخشبية التي تشكل المجموعة الشجرية، مع الإشارة إلى نصيب كل منها في الاحتياطي العام **تركيب المجموعة الحراجية**. إذا كانت المجموعة الحراجية مكونة من نوع خشبي واحد، فتسمية هذا النوع تحدد تركيبها.

المجموعة الحراجية المكونة من نوع واحد تسمى **نقية**، من نوعين أو عدة أنواع تسمى **مختلطة**.

عند وصف تركيبة المجموعات الحراجية المختلطة من الضروري الإشارة إلى تسمية الأنواع الخشبية ودرجة مشاركة كل منها في المجموعات الحراجية. للتعبير عن تركيبة المجموعة الحراجية بصيغ شرطية محددة، يرمز للأنواع الخشبية التي تشكل المجموعة الحراجية بأول حرف من اسمها.

الأنواع الخشبية التي لها أحرف بداية واحدة مثال: (Picea،pinus)، (Arucaria، Abies) وغيرها. فيرمز لها بأول حرفين أو ثلاثة أحرف، مثال Se:Sequoia، Pin:Pinus، Ab:Abies، Sa:Salix .... الخ. في المناطق التي فيها نوعين متشابهين من حيث بداية أحرف التسمية إلا أنهما لا يمكن أن ينموا معاً، يمكن الإشارة إلى أول حرف من اسمها.

يعبر عن احتياطي المجموعة الحراجية كاملاً برقم (1) ويعبر عن المشاركة فيها لكل نوع بالأجزاء العشرية من الواحد. النوع الخشبي الممثل في المجموعة الحراجية بأكبر نصيب يسمى **بالسائد**. يوضع النوع السائد في معادلة تركيب المجموعة الحراجية في المكان الأول. فهكذا في تركيبة المجموعة الحراجية التي يدخل الصنوبر بحصة 6/10 ونصيب الشوح 3/10 وحصة البتولا 1/10 يعبر عنها بالصيغة:

1/10 B، 3/10Ab،6/10 pin

عند وصف المجموعة الحراجية يجب أن تكون التسجيلات مختصرة لأقصى حد. في معادلتنا تركيب المجموعة الحراجية يتكرر 3 مرات بنفس المقام في المعاملات التي تحدد نصيب مشاركة الأنواع الخشبية المستقلة في المجموعة الحراجية. لذلك يمكن حذفها نهائياً. عندئذ تأخذ معادلة تركيب المجموعة الحراجية الشكل التالي: 6pin 3Ab 1B

في مثالنا هذا في تركيبة المجموعة الحراجية سيطرة الصنوبر مطلقة. غير أنه غالباً ما يصادف حالات سيادة نسبية لهذا النوع أو ذاك النوع النباتي، عندما يمثل النوع بأكبر حصة لكل من الأنواع الأخرى، لكن بعلاقته إلى كل المجموعة الحراجية غير سائد.

في المجموعة الحراجية المكونة من ثلاثة أنواع، السائد يمكن أن يكون النوع الذي يقع في حصته ليس أقل من 4،0 من الاحتياطي العام. يقع هذا النوع في معادلة التركيب في هذه الحالة في أول مكان.

في المجموعة الحراجية المكونة من أربعة أنواع يمكن أن يشكل النوع السائد ليس أقل من 3،0 من الاحتياطي العام الخشبي للمجموعة الحراجية.

يسمى النوع الخشبي الذي يملك أكثر أهمية اقتصادية وحراجية **الأساسي**. مثال: في الغابات المختلطة المكونة من السنديان، التيليا، الحور المرتجف، البتولا وغيرها، يعتبر السنديان عادة النوع الأساسي. في الغابات المخروطية الورقية التي تنمو على ترب رملية وشبه طينية يعد الصنوبر عادة النوع الأساسي.

عند الاختلاف الشديد في الأهمية الحراجية للأنواع الحراجية التي تدخل في تركيب المجموعة الحراجية، والتركيب المتنوع للمجموعة الحراجية يتوجب وضع النوع الأساسي في المكان الأول في معادلة التركيب. مثال: المجموعات الحراجية الورقية المختلطة التي يكون في تركيبها 3،0 سنديان، 5،0 حور مرتجف، 2،0 تيليا يمكن قبول المعادلة التالية للتركيب: 3 Q5 P_t $2t_i$

ورد بأن مقدار مشاركة الأنواع الخشبية في تركيب المجموعة الحراجية يُحدّدُ بنسبتها في الاحتياطي العام. المعاملات التي تصف تناسب الأنواع الخشبية المستقلة يمكن وضعها أيضاً حسب عدد الأشجار في المجموعة الحراجية أو حسب نسب مجموع المساحات القاعدية على ارتفاع الصدر لهذه الأشجار. لكن في بعض الحالات، تركيب المجموعة الحراجية المحدد بتلك الطرق يكون مختلفاً.

لنفرض أنه تقيم المجموعة الحراجية المكونة من نوعين خشبيين، عدد أشجار أحد هذه الأنواع أكبر ولكن أقطار هذه الأشجار أقل. في هذه الحالة في صيغة التركيب المحددة حسب نسبة عدد الأشجار في المجموعة الحراجية النوع السائد سيكون هو هذا النوع (الذي عدد أشجاره أكثر).

عند تعيين التركيب للمجموعة الحراجية نفسها حسب نسبة الاحتياطيات الخشبية معامل التركيب يبدو أكبر عند النوع الخشبي الممثل بالأشجار الحراجية ذات القطر الأكبر.

في المجموعات الحراجية المكونة من أنواع خشبية. تملك أشجارها أقطار وارتفاعات ومعاملات شكل واحدة. النتائج الحاصلة حسب نسبة الاحتياطيات، مجموع المساحات القاعدية وعدد الأشجار ستكون قريبة فيما بينها.

الهدف النهائي لتقييم الغابة، كما هو معلوم، يعتبر تحديد كمية الخشب الناتجة عن الأنواع الخشبية المستقلة. يحسب الخشب في الاقتصاد الوطني ليس حسب عدد السوق، الجذوع، القرم وغيرها وإنما حسب الحجم، أو بكلمات أخرى حسب المخزون، لذلك تركيب المجموعة الحراجية يجب تحديده حسب نسبة الاحتياطيات الخشبية للأنواع الخشبية المستقلة.

يمكن استخدام نسبة عدد الأشجار ومجموع المساحات القاعدية لتحديد تركيبة المجموعة الحراجية فقط عند غياب الاختلاف الشديد في مقاييس الأشجار للأنواع الخشبية المستقلة.

تحسب نسبة الاحتياطيات الخشبية للأنواع المستقلة في الطابق الواحد بشكل مباشر عن طريق مجموع المساحات القاعدية لهذه الأنواع. عندها نسبة مجموع المساحات القاعدية يمكن أن تكون أساساً صحيحاً لتحديد تركيبة المجموعة الحراجية.

من وجهة نظر الاستغلال الصناعي لخشب الأنواع الخشبية المستقلة فإن مقاييس الأشجار لها شأن هام جداً. في المجموعات الحراجية المركبة أول طابق أو الطابق الأول تشكله عادة الأشجار التي تملك ليس فقط أكبر ارتفاع ولكن أيضاً أكبر قطر من أشجار الطوابق الأخرى.

تكون التدابير الحراجية في الطوابق المستقلة للمجموعة الحراجية المختلطة مختلفة. الطابق العلوي المكون من أشجار ناضجة يمكن أن يخصص للقطع، أما الطوابق السفلية فتبقى على جذورها. لذلك في المجموعات الحراجية المختلطة من الضروري تحديد التركيبة لكل طابق على حدى.

لنفرض بأنه تقيم مجموعة حراجية مركبة من طابقين، يشكل الصنوبر في الطابق الأول (7،0 بالنسبة للاحتياطي) والبتولا (3،0). الاحتياطي الخشبي للطابق الأول يشكل 200م^3 في 1 هكتار. يتكون الطابق الثاني من التنوب فقط، مخزونه الخشبي يساوي 50 م^3 نستنتج بأن

المجموعة الحراجية تملك مخزون خشبي يساوي 200+50 = 250م^3. يعبر عن تركيبة أول طابق فيها بالصيغة 7pin 3B، الطابق الثاني 10Pic.

مشاركة الأنواع المستقلة في تركيب الطوابق للمجموعة الحراجية يمكن أن تقدر بأجزاء أقل من 1،0 من الاحتياطي العام، في هذه الحالات يجب الإهتداء بتناسب الحصص الدقيقة والمعاملات المطابقة للتركيب التي تقدر بأعداد صحيحة، التي مجموعها يصف الاحتياطي العام، الذي يساوي 10 (الجدول 19).

جدول 19. التناسب بين نسب المشاركة في المخزون الخشبي ومعامل التركيب.

نسبة الاحتياطي للنوع الخشبي من الاحتياطي العام للطابق، ٪	معامل تركيب الطابق، أعداد صحيحة	نسبة الاحتياطي للنوع الخشبي من الاحتياطي العام للطابق، ٪	معامل تركيب الطابق، أعداد صحيحة
15-6	1	56-65	6
16-25	2	66-75	7
26-35	3	76-85	8
36-45	4	86-95	9
46-55	5	وأكثر 96	10

الأنواع الخشبية التي لها نفس القيمة الحراجية والتي احتياطها الخشبي كل بمفرده أقل من 1،0 من الاحتياطي العام للطابق، وفي الإجمالي – حوالي 1،0 يمكن كتابتها في صيغة التركيب معاً. مثال: 1Pin Pic يعني بأن احتياطي الصنوبر والتنوب بشكل عام يشكل 1،0 من الاحتياطي العام للمجموعة الحراجية.

إذا كان احتياطي النوع الخشبي يشكل من 2 حتى 5٪ من احتياطي الطابق، يضاف إلى صيغة التركيب مع إشارة (+). مثال: المجموعة الحراجية التي فيها مخزون الصنوبر يشكل 67٪، احتياطي التنوب 30٪ واحتياطي البتولا 3٪ تكتب صيغة التركيب بالشكل التالي: 7Pin 3Pic+B.

النوع الخشبي الذي يشكل أقل من 2٪ من الاحتياطي العام للمجموعة الحراجية يضاف مع كلمة (فريد أو نادر) 8B 2 Pic ® Pin (RARE).

عند التقييم الإحصائي يحدد تركيب المجموعة الحراجية عن طريق تحديد مجموع المساحات القاعدية لأشجار الأنواع الخشبية المستقلة أو حسب نتائج حساب احتياطات الأنواع المستقلة،

عند التقييم بالعين المجردة تحدد تركيبة المجموعة الحراجية حسب نسبة الاحتياطيات الخشبية للأنواع المستقلة المحددة بالعين المجردة.

عند تحديد تركيبة المجموعة الحراجية بالنظر يجب النظر إلى الغابة من الجهات المختلفة. في المجموعات المجاورة للأشجار يجب جرد الأشجار بشكل تمهيدي، لكل نوع وتحديد نصيب مشاركته في تركيبة المجموعة الحراجية. عند التقييم بالنظر تركيب المجموعة الحراجية يحدد بدقة حتى 1،0.

5-1 الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية Stand Average Height:

ارتفاع الأشجار في أية مجموعة حراجية ليس واحداً. تلاحظ الاختلافات في الارتفاع في نطاق المجموعة الحراجية ليس فقط عند الأشجار مختلفة الأقطار ولكن أيضاً عند الأشجار المتساوية الأقطار.

يعتبر قياس الارتفاع الخاص بكل شجرة أثناء تقييم الغابة أمر صعب، نظراً لهذا من الشائع تحديد الارتفاع الوسطي لجملة الأشجار التي تشكل المجموعة الحراجية.

في المجموعات الحراجية المتماثلة لحدٍ معين تلاحظ علاقة ارتفاع الأشجار المختلفة مع أقطارها حيث بازدياد الأخيرة يزداد الارتفاع بالمقابل عند أغلب الأشجار.

بحث كل من كاكينادل، كرين، د. جيرودية وغيرهما العلاقة بين $d_{1/3}$ و h في المجموعات الحراجية التي توصف بمعادلة قطع مكافئ من الدرجة الثانية:

$$\square = a_0 + a_1 d_{1،3} + a_2 d_{1،3}^2 \qquad (125)$$

حدد نازلوند هذه العلاقة بالمعادلة:

$$\square - 1،3 = d_{1،3}^2 : \left(a + b d_{1،3}\right)^2 \qquad (126)$$

يصف كيرخاردت وكابتسكي علاقة الارتفاعات بمساحة مقاطع الأشجار بمعادلة مستقيم:

$$g_{1،3}\square = a + b g_{1،3} \qquad (127)$$

$$\square = \frac{a}{g_{1،3}} + k = \frac{b}{d_{1،3}^2} + k \qquad (128)$$

عدا ذلك لوصف هذه العلاقة اقترح من قبل مجموعة باحثين معادلات أسية ولوغاريتمية:

$$\square = a d_{1،3}^b \qquad (129)$$

$$\log \square = \log a + b \log d_{1،3} \qquad (130)$$

$$\square = a \log d_{1،3} + b \qquad (131)$$

في القرن الماضي كان قد اقترح من قبل العالم لوريبه المعادلة التالية التي تحدد الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية:

$$\square_L = \frac{h_1 g_1 + h_2 g_2 + h_3 g_3 + \square + h_n g_n}{g_1 + g_2 + g_3 + \square + g_n} \qquad (132)$$

حيث h_1،.....،h_n الارتفاعات لصفوف الأقطار المستقلة، h_L – الارتفاع الوسطي.

g_1،.....،g_n مساحات مقاطع الأشجار لكل صف قطر.

يتعلق الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية بالنوع الخشبي، ظروف موقع النمو، العمر والتدابير الحراجية المنفذة في الغابة.

الاختلافات في الارتفاع في نطاق المجموعة الحراجية مشترطة بالوضع المختلف للأشجار بالنسبة للضوء، الأشجار المتاخمة، اختلافات التربة. تأثير العوامل المذكورة على ارتفاع الأشجار لا يملك علاقات يعبر عنها بشكل عددي (كمي) وتحديدها يعتبر مسألة صعبة. عند نفس القطر للأشجار ضمن المجموعة الحراجية نجد أن لها ارتفاعات مختلفة. بسبب التنافس على الضوء يُظهر توزع الأشجار حسب الارتفاع عدم تناسق (عدم تماثل) إيجابي.

غير أن العلاقات المحتملة بين h،d تسمح ببناء منحنيات الارتفاع على أساس كمية قياس غير كبيرة، على أن تعطي هذه القياسات قيم دقيقة بشكل كافي للارتفاعات للأهداف العملية والعلمية.

الارتفاع المتوسط المحدد حسب لوريبه، كمؤشر قياسي له عيب، ينحصر في أنه يؤثر قطع جزء من الأشجار عند العناية بالغابة على مقدار الارتفاع.

إذا كان قطع التربية يتم بالأسلوب السفلي، الذي يتلخص في قطع الأشجار من المجموعة الحراجية المتأخرة في النمو والصغيرة، فإنه بعد القطع التربوي يزداد الارتفاع الوسطي.

عند إجراء القطع التربوي بالأسلوب العلوي عندما تقطع أضخم الأشجار، طبقاً لهذه الحالة بعد إجراء مثل هذه القطوع ينقص (ينخفض) الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية.

نظراً لما ورد في البلاد الأوروبية الغربية تعطى الأهمية الكبرى (للارتفاع السائد للأشجار) الذي لا يتعلق بنظام القطع التربوي.

يحمل هذا المؤشر القياسي باللغة الفرنسية اسم (hauteur dominante) – الارتفاع السائد.

في المراجع الألمانية يسمى Oberhöhe– الارتفاع العلوي. اعتمد رمز عالمي (h_{dom}) للارتفاع السائد.

في القرن التاسع عشر اعتمد العالم الألماني **ڤييز** عند تقسيم الأشجار إلى خمسة صفوف مع عدد متساوي للأشجار في الصف الارتفاع السائد (Oberhöhe) وهو الارتفاع الوسطي للصف الخامس للأشجار. من المناسب أن نشير إلى أنه حسب ڤييز، الارتفاع الوسطي hw تملكه الشجرة التي تقع على بعد 5،57٪عن أرفع شجرة أو على مسافة 5،42٪ عن أثخن شجرة– يستخدم هذا الارتفاع عند تحديد بانيتيت المجموعة الحراجية.

يأخذ **الانكليز** مقابل الارتفاع السائد الارتفاع الوسطي لأثخن 100 شجرة من المجموعة الحراجية في واحد أكر (وحدة مساحة إنكليزية وتعادل 4047 $م^2$). واحد هكتار أكبر من الأكر بـ 47،2 مرة. طبقاً لهذا الارتفاع الوسطي لـ 247 من أثخن الأشجار في 1 هكتار يُعتبر الارتفاع السائد (h_{dom}).

غير أنه أغلب الباحثين يعتبر أن الارتفاع الوسطي هو ارتفاع أكبر (أضخم) (100) شجرة في واحد هكتار.

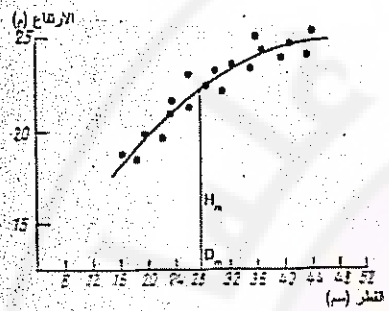
يتخذ **بيترسون** مقابل الارتفاع السائد الارتفاع الوسطي لتلك الأشجار التي قطرها يساوي المتوسط الحسابي للقطر زائد ثلاث أضعاف الانحراف المعياري عن القطر الوسطي للمجموعة الحراجية ($\bar{d} + 3S$).

يعتبر **سوسميل** الارتفاع السائد هو الارتفاع الوسطي لأعلى الأشجار في المجموعات الحراجية التي تخضع للقطع الاختياري أو الجزئي.

في سويسرا المجموعات الحراجية التي يتبع فيها القطع الجزئي أو الاختياري يعتبر متوسط ارتفاع أثخن الأشجار هو السائد.

يوجد علاقة إحصائية بين الارتفاع الوسطي h_m والارتفاع السائد h_{dom}، مما يسمح بتحديد h_m حسب h_{dom}، وكذلك حل المسالة العكسية.

يمكن إيجاد الارتفاع الوسطي بيانياً عن طريق بناء منحني بياني (الشكل 49).



الشكل 49. تحديد الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية حسب المنحني البياني.

من أجل ذلك تقاس الأقطار والارتفاعات لدى مجموعة من الأشجار مختارة بطريقة او بأخرى. تحمل نتائج هذا القياس على المنحني البياني الذي ينشأ في إحداثيات تربيعية (قائمة الزاوية).

عند رسم منحني الارتفاع يجب الطموح إلى أن يَقسِّمْ المنحني كل النقط المحمولة على المخطط البياني إلى جزأين متساويين. يجب أن يكون عدد النقط المتوضعة أعلى وأسفل المنحني تقريباً واحداً (متماثلاً). يجب أن يكون المنحني انسيابياً بمعنى أنه لا يملك تغيرات مفاجئة أو تكسرات.

عند بناء منحنيات الارتفاع ينصح بإجراء الحساب بالاعتماد على الارتفاعات المقاسة لوسطي ارتفاعات صفوف الأقطار وإمرار منحني انسيابي خلال القيم الوسطى.

باستخدام منحني الارتفاع يمكن إيجاد ارتفاع الأشجار لأي قطر، لهذا من النقطة الواقعة على محور السينات المطابقة للقطر المطلوب للشجرة يجب إنشاء عمود بحيث يتقاطع مع منحني الارتفاع. طول هذا العمود (الإحدائي العمودي) المرفوع يعتبر الارتفاع المطلوب للشجرة.

إذا أخذ على المخطط البياني طول العمود المنشأ من النقطة التي تطابق القطر الوسطي للمجموعة الحراجية، فإن طوله سيحدد الارتفاع الوسطي لكل المجموعة الحراجية.

كان قد أشير سابقاً بأن العلاقة بين القطر $d_{1/3}$ والارتفاع h توصف بالمعادلة اللوغاريتمية:

$$h = a \log d_{1.3} + b$$

حيث: a،b معاملات ثابتة معينة.

إذا وضعنا على محور السينات لوغاريتمات الأقطار وعلى محور العينات الارتفاعات، فنحصل من المخطط البياني على مجموعة نقط، بوصلها نحصل على خط مستقيم الذي يحل محل منحني الارتفاع. تنحصر ميزة مثل هذا المخطط البياني في انه يستثنى الإنشاء الحر لمنحني الارتفاعات عند العدد المحدد للنقط. لإنشاء مخطط بياني بشكل مستقيم يجب استخدام ورق نصف لوغاريتمي خاص والذي ترسم عليه بشكل مسبق شبكة نصف لوغاريتمية.

منحنيات الارتفاعات المرسومة للمجموعات الحراجية الفتية والتي تملك أحسن ظروف موقع النمو تبدو أكثر ميلاناً (انحداراً) من المخططات البيانية المنشئة للمجموعات الحراجية الكبيرة بالعمر والتي تنمو على ترب فقيرة حيث تكون أكثر تسطحاً أو استواءً.

تغير منحنيات الارتفاعات شكلها مع العمر لحدٍ ما. هنا يتوجب الأخذ بعين الاعتبار بأن منحنيات ارتفاعات المجموعات الحراجية تختلف عن المنحنيات التي تصف ديناميكية نمو المجموعات الحراجية.

تم القيام بأبحاث عديدة تُظهر إمكانية تبديل المنحنيات المستقلة بمنحني ارتفاع واحد. لقد اكتشف الباحثون أن الأنواع الخشبية المستقلة، المختلفة الأعمار تملك مظهر نموذجي لمنحني الارتفاع مع زاوية صعود مميزة لكل منها.

بالإضافة إلى الارتفاع السائد والوسطي، يمكن أن نجد الارتفاع الوسطي الحسابي للمجموعة الحراجية. وهو يحدد حسب المعادلة:

$$\bar{h} = \frac{n_1h_1+n_2h_2+\cdots}{N} = \frac{\sum nihi}{N} \qquad (133)$$

لا يمكن إيجاد الارتفاع الوسطي الحسابي بالقياسات المباشرة من الناحية العملية، لأن قياس ارتفاعات كل الأشجار التي تشكل المجموعة الحراجية – مهمة صعبة جداً.

يتم تحديد الارتفاع الوسطي الحسابي حسب منحني الارتفاع وفق الارتفاع الوسطي لكاكينادل (h+،h-).

لنفرض أن d يعتبر القطر الوسطي للمجموعة الحراجية، S– الانحراف الوسطي التربيعي في الأقطار، d- وd+ هي الأشجار التي قطرها يساوي $\bar{d} - S$ و $\bar{d} + S$. كل المؤشرات الوسطية (h،v ،..) لهذه الأشجار (d- وd+) تعتبر مؤشرات وسطى للمجموعة الحراجية بما يتوافق والشروط المشار إليها.

$$\bar{h} = \frac{h_-+h_+}{2} \qquad (134)$$

بهذا الشكل نصف مجموع ارتفاع الأشجار (h+،h-) هو الارتفاع الوسطي الحسابي للمجموعة الحراجية. الارتفاعات الوسطى (h+،h-) كما قد أُشير في الأعلى تستخدم مفتاح لربط الأشجار التي تنتمي إلى صفوف أقطار مستقلة، إلى الجزء المناسب لمنحني الارتفاع الوحيد.

إذا كان منحني الارتفاع معبراً عنه بقطع مكافئ من الدرجة الثانية، فإنه من السهل تحديد الارتفاع الوسطي الحسابي من معادلته:

$$\bar{h} = a_0 + a_1d_{1.3} + a_2d_{1.3}^2 \qquad (135)$$

$$\bar{\bar{h}} = \frac{\sum h_1}{N} = \frac{\sum\left(a_0+a_1d_{1.3}+a_2d_{1.3}^2\right)}{N} = a_0 + a_1\bar{d} + a_2\left(\bar{d}^2 + S^2\right) \qquad (136)$$

$$S^2 = \frac{\sum x^2}{N} + \bar{x}^2$$

$$\frac{\sum \bar{x}^2}{X} = \bar{x}^2 + S^2 \qquad (137)$$

$$\bar{\bar{h}} = \frac{h_-+h_+}{2} = a_0 + a_1\bar{d} + a_2\left(\bar{d}^2 + S^2\right) \qquad (138)$$

سنتوقف بشيء من التفصيل عند شرح المتوسط الحسابي للارتفاع، لأن أهمية هذه القيمة المتوسطة قد ازدادت في الوقت الأخير نظراً لإدخال الأسلوب الإحصائي في تطبيقي (عملي) جرد الغابات.

اقترح ارتفاع الشجرة الوسطي h_{gM} من قبل ڤيليب وفيديمان. تنحصر ميزته في أنه كما الارتفاع السائد لا يختلف عند تخفيف الأشجار في المجموعة الحراجية. يحدد الارتفاع المتوسط حسب منحني الارتفاع.

اقترح ميترليه ارتفاع سماه مستدق الرأس أو مدبب الطرف. هو يعتبر متوسط ارتفاع أثخن 100 شجرة في 1 هكتار (h_{100}). يمكن أخذ 200 أو 50 شجرة (h_{200} ،h_{50}) وحسب منحني الارتفاع الحصول على h_{100} عن طريق إيجاد قيمة مجهولة بين قيمتين معلومتين. في هذه الحالة الارتفاع المستدق الرأس يتطابق مع ارتفاع الشجرة رقم 50 من النهاية العليا للمنحني.

جمع البروفيسور جان باردي (1961) الارتفاع العلوي وذو الطرف المدبب في نفس الفئة.

رتب البروفيسو بروودان (1965) كل الارتفاعات الوسطى في السلسلة المتتالية التالية:

$$\bar{\bar{h}} < \bar{h}_g < \bar{h}_w < \bar{h}_{gM} < \bar{h}_L < \bar{h}_{dom}$$

حيث:

$\overline{h}$: الارتفاع الوسطي الحسابي.

h_g: الارتفاع الوسطي حسب المساحة القاعدية الوسطى.

h_w: حسب ڤيبز.

h_g: ارتفاع الشجرة الوسطى حسب مساحة المقطع.

h_L: حسب لوريبه.

h_{dom}: الارتفاع السائد.

في الظروف الإنتاجية عند تقييم المساحات الغابية الضخمة يحدد على الأغلب المتوسط الحسابي للارتفاع.

يوجد المتوسط الحسابي للارتفاع **بطريقة الاختيار العشوائي** التي تتلخص في أنه في المجموعة الحراجية المقيمة تدرس الأشجار عشوائياً ويقاس ارتفاعها، ويستنتج من نتائج القياس المتوسط الحسابي للارتفاع.

من العرض السابق واضح بأن المتوسط الحسابي للارتفاع يختلف لدرجة ما (بعض الشيء) عن الارتفاع المحدد حسب معادلة لوريبه.

يُتعلق عدد الأشجار التي يجب قياس ارتفاعها بالدقة المطلوبة ودرجة تغير الارتفاع للأشجار المستقلة في المجموعة الحراجية. حسب أبحاث البروفيسور زاخارف، كوندراتييف، تغير الارتفاع في المجموعات الحراجية الصنوبرية يوصف بمعاملات اختلاف تساوي 6-8٪. عند هذا الاختلاف لإيجاد الارتفاع الوسطي بخطأ (±1م) يكفي تحديد الارتفاع عند 5 أشجار، تختار بشكل عشوائي في المجموعة الحراجية المقيمة. لتحديد الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية بدقة 5٪ يجب قياس الارتفاع عند 3 أشجار. قياس الارتفاع عند 12-15 شجرة يضمن إيجاد الارتفاع الوسطي بدقة حتى ±2٪.

يشكل معامل اختلاف الارتفاع في المجموعات الحراجية البتولية 8-10٪. لإيجاد القيمة الوسطى بدقة حتى 5٪ من الضروري قياس الارتفاع لدى 3-4 أشجار. عند قياس الارتفاع عند 16-27 شجرة تزداد الدقة حتى 2٪.

مع ازدياد العمر، يتناقص معامل اختلاف الارتفاع في المجموعات الحراجية. معاملات الاختلاف الواردة تنتمي إلى المجموعات الحراجية الناضجة.

- تتعلق دقة تحديد الارتفاع الوسطي بثلاث عوامل:

1- عدد الأشجار المقاسة.

2- معامل اختلاف الارتفاع في المجموعات الحراجية.

3- خطأ قياس كل شجرة. لذلك الخطأ الكلي عند تقدير الارتفاع الوسطي لمجموعة الحراجية يمكن إيجاده بالمعادلة التالية:

$$P_h = \sqrt{\frac{C^2}{n} + \frac{P_n^2}{n}} \qquad (139)$$

حيث:

P_h: الخطأ في تقدير الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية، ٪.

C: معامل اختلاف الارتفاع في المجموعة الحراجية.

n: عدد الأشجار التي يقاس ارتفاعها.

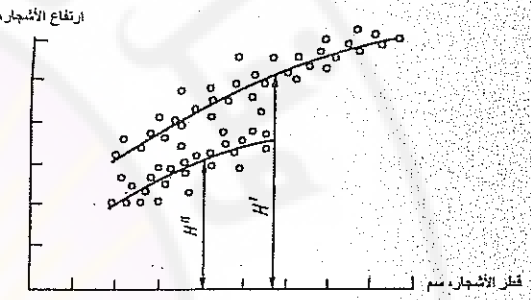
P_n: الخطأ الوسطي النسبي لكل قياس.

لا يعتبر تحديد الارتفاع الوسطي للجزء الأساسي للمجموعة الحراجية في المجموعات الحراجية النقية التي لها نفس العمر صعباً. في هذه الحالة يتم اختيار عدة أشجار متوسطة بقياساتها ونوجد ارتفاعاتها بواسطة مقياس الارتفاع. إدخال مقاييس الارتفاع البصرية في عملي القياسات الغابية يسهل عملية قياس الارتفاع ويجعله أقل صعوبة.

المقيم الخبير (المجرب) بعد التدريبات التي يجريها كل عام يمكنه أن يحدد الارتفاع الوسطي بالنظر. مع نكران أو نفي الأسلوب النظري (بالعين) للتقييم، فمع ذلك يتوجب الأخذ بالارتفاعات الموجدة بالنظر عند عدم توفر مقياس ارتفاع والتي غالباً تقارن مع الارتفاعات المحددة بواسطة مقياس الارتفاع.

في المجموعات الحراجية المركبة والمختلفة الأعمار الارتفاع الوسطي لا يمكن أن يصف ارتفاع أشجار كل المجموعة الحراجية. عند تقييم مثل هذه المجموعات الحراجية يحدد الارتفاع الوسطي حسب الطوابق المستقلة، وفي الحالات الضرورية للأجيال المستقلة بالعمر. إذا كانت

المجموعة الحراجية مختلطة والأنواع المستقلة فيها مختلفة في الارتفاع يتم قياس الارتفاع لكل نوع خشبي بشكل مستقل (الشكل 50).



الشكل 50. تحديد الارتفاعات الوسطى في مجموعة حراجية بطابقين.

1-6- عمر المجموعة الحراجية Stand Age:

عند تقييم الغابة نميز العمر السائد والمتوسط للمجموعة الحراجية. **العمر السائد Dominant Age** هو العمر الذي يملكه أكبر جزء من الأشجار التي تكون المجموعة الحراجية.

أما العمر المتوسط Average Age: فهو العمر الناتج حسب نسبة مشاركة مجموعات الأشجار المستقلة الداخلة في تركيبة المجموعة الحراجية في الاحتياطي الخشبي.

تقسم المجموعات الحراجية في القياسات الغابية حسب العمر إلى **صفوف**. بالنسبة للمجموعات الحراجية المخروطية والورقية القاسية البذرية المنشأ صف العمر يساوي 20 سنة، لكل المجموعات الحراجية الخضرية والورقية الطرية البذرية المنشأ صف العمر يساوي 10 سنوات (الجدول 20) للأنواع الشجيرية 5 سنوات، يرمز لصفوف العمر دائماً بالأرقام اللاتينية.

جدول 20. تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف العمر.

صف العمر	العمر بالسنوات		صف العمر	العمر بالسنوات	
	أنواع مخروطية ورقية قاسية بذرية المنشأ	أنواع طرية وقاسية الأوراق خضرية المنشأ		أنواع مخروطية ورقية قاسية بذرية المنشأ	أنواع طرية وقاسية الأوراق خضرية المنشأ
I	1-20	1-10	IV	61-80	31-40
II	21-40	11-20	V	81-100	41-50
III	41-60	21-30	VI	101-120	51-60

عند وصف المجموعات الحراجية يوضع صف العمر وفق ذلك الجزء من الأشجار الذي يشكل الجزء الأكبر من الاحتياطي الخشبي للمجموعة الحراجية. إذا كانت الأشجار في المجموعة الحراجية تملك فرقاً في العمر لا يتجاوز طول أو امتداد صف عمر واحد (الجدول 20) تعتبر المجموعة الحراجية **موحدة الأعمار**، عند الفرق الأكبر في العمر - **مختلفة الأعمار**.

يعطي بيتر هوش التحديد التالي للمجموعة الحراجية مختلفة الأعمار: هي المجموعة الحراجية المكونة من أشجار متعددة الأعمار والمقاييس الموافقة لها. في المجموعات الحراجية المختلطة تظهر الأشجار إلى حدٍ معين بشكل مستمر، هذا المصدر المستمر لظهور أشجار جديدة يسبب في المجموعة الحراجية البكر توفر أشجار تقع في مجال العمر من الباردة حتى أضخم الأشجار وأكبرها عمراً. في المقابل نجد عند المجموعات الحراجية الموحدة الأعمار أن تجديد الغابة يكون خلال فترة واحدة مميزة.

في المجموعة الحراجية المختلفة الأعمار تشكل الأشجار مختلفة الارتفاع الطوابق، الأشجار الأكثر تحملاً للظل تملك ميولاً لتشكيل مجموعة حراجية مختلفة الأعمار.

يتواجد عادةً في المجموعات الحراجية المختلفة الأعمار عدد كبير من الأشجار الصغيرة ويتناقص عدد الأشجار بمقدار ازدياد قطرها.

في المجموعة الحراجية المركبة يحدد العمر الوسطي بحساب المخزون الخشبي المطابق لكل جيل من الأشجار.

لنفرض بأنه يوجد مجموعة حراجية تنوبية تتكون من جيلين من الأشجار، 70٪ من الاحتياطي فيها يعود لجيل الأشجار بعمر 150 سنة، و 30٪- للثاني بعمر 60 سنة. في هذه الحالة العمر الوسطي للمجموعة الحراجية سيكون قريب إلى الـ 120 سنة، أما السائد فسيكون قريب إلى 150 سنة.

كلما كان تجانس المجموعة الحراجية أكبر، كلما كان الاختلاف بين العمر الوسطي والسائد أقل، لذلك عند وصف المجموعات الحراجية المركبة التي لا تملك أجزاؤها المشكلة لها فروقاً كبيرة في العمر، يتوجب الإشارة ليس فقط إلى العمر السائد وإنما إلى العمر المتوسط أيضاً.

يحدد العمر الوسطي للمجموعة الحراجية بنتيجة التقييم المفصل نوعاً ما، المتعلق بالإيجاد الدقيق لعمر المجموعات المستقلة للأشجار التي تشكل المجموعة الحراجية. إذا رمزنا لاحتياطات

المجموعات المستقلة من خلال M1، M2، M3... Mn ولأعمارها من خلال A1، A2، A3..... An فإن العمر الوسطي للمجموعة الحراجية A سيساوي:

$$A = \frac{A_1M_1+A_2M_2+A_3M_3+\dots+A_nM_n}{M_1+M_2+M_3+\dots+M_n} \qquad (140)$$

احتياطي مجموعات الأشجار المستقلة يحدد بالمعادلة:

$$M = \sum GHF$$

في المجموعات الحراجية التي تملك ارتفاعاً كبيراً، حاصل ضرب (H)،(F لدى مجموعات الأشجار المستقلة والتي تسمى الارتفاعات الشكلية لا يختلف بشكل معنوي، لذلك يمكن حذف الارتفاعات الشكلية من المعادلة التي تحدد العمر الوسطي وعندها ستأخذ الشكل التالي:

$$A = \frac{A_1G_1+A_2G_2+\dots+A_nG_n}{\sum G} \qquad (141)$$

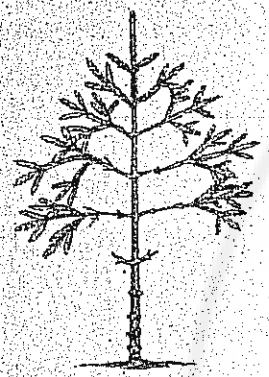
لإيجاد العمر الوسطي للمجموعة الحراجية بهذه العلاقة يجب إيجاد عمر المجموعات المستقلة للأشجار، حساب مجموع المساحات القاعدية لكل مجموعة وضربها بالأعمار المقابلة ويقسم مجموع حاصل الضرب على مجموع المساحات القاعدية لكل المجموعات الشجرية (المجموعة الحراجية).

إذا كانت أعمار الأشجار متقاربة، فالعمر الوسطي يمكن تحديده كمتوسط حسابي لأعمار كل الأشجار المقطوعة.

في وصوفات المجموعات المركبة يجب الإشارة إلى الأعمار السائدة حسب الطوابق وحسب الأنواع الخشبية.

لتحديد عمر المجموعة الحراجية في البحوث القياسية الدقيقة، تقطع بعض الأشجار ونقوم بحساب عدد الحلقات السنوية على الأجزاء المتبقية فوق الأرض بعد القطع.

في عملي القياسات الواسع، يعد تحديد عمر المجموعة الحراجية بهذه الطريقة صعباً جداً، لذلك على الأغلب يحدد بالنظر. تحديد العمر بالعين سهل جداً في المجموعات الحراجية الصنوبرية المقيمة والمتوسطة العمر. لهذا يكفي حساب عدد نقاط ارتكاز (تمحور) الفروع الأساسية التي تتصل مع الساق مباشرة والتي تتشكل كل عام من قبل الأشجار (الشكل 51) بمعنى **الفروع المحورية** المتمركزة في مقطع عرضي واحد.



الشكل 51. (صنوبر بفروع أساسية محورية واضحة بشكل جيد).

في المجموعات الحراجية القديمة لا يمكن استخدام هذه الطريقة لان الجزء السفلي من الأشجار يكون نظيفاً من الفروع المحورية، تختفي آثارها بسرعة تحت تأثير ازدياد قطر الساق وبالتالي تحديد عدد الفروع الأساسية عليها يصبح غير ممكن.

في المجموعات الحراجية الناضجة (وما قبل النضج) عند تحديد العمر يستهدى قبل كل شيء بقطر وارتفاع الأشجار آخذين بعين الاعتبار علاقة هذه الدلائل بظروف موقع النمو، عند توفر أرومات في المجموعة الحراجية المقيمة يجب حساب عدد الحلقات السنوية في عدد منها.

لدى وصف المجموعة الحراجية يوضع صف العمر حسب ذلك الجزء من الأشجار التي تشكل الجزء الأكبر من الاحتياطي العام للمجموعة الحراجية. للوصف الأكثر تفصيلاً، عدا صف العمر يشار إلى العمر المميز لتلك المجموعة الحراجية. بمعنى هل تنتمي المجموعة الحراجية من حيث العمر إلى بداية، وسط أو إلى نهاية صف العمر المحدد.

إذا وجد في المجموعة الحراجية أشجاراً تقع خارج صف العمر الموضوع، يشار إلى هذا في الوصف، مثال: V(90-100)،(120 يعني بان المجموعة الحراجية تنتمي إلى صف العمر V، تسيطر فيه الأشجار بعمر من 90–100 سنة وعدا ذلك يوجد خليط من الأشجار بعمر 120 سنة.

في الوصف التقييمي يشار في عمود (عمر المجموعة الحراجية) بشكل مختصر إلى صف العمر والعمر السائد، مثال: V- 90،IV -65 ، كما يسجل في عمود مستقل مخصص للوصف

التفصيلي لتركيبة وعمر المجموعة الحراجية فيما إذا كان يوجد خليط من الأشجار لها عمر آخر.

في الوصفات القياسية تسجيل التركيب والعمر للمجموعة الحراجية كثيراً ما يجمع في صيغة واحدة، مثال: عند عمر للصنوبر 90 سنة، وللتنوب 70 سنة، وعندما تشكل هذه الأنواع طابقاً واحداً، تأخذ صيغة التركيب والعمر الشكل التالي: 7 Pin (90) 3 Pic (70).

في عملي القياسات الواسع، العمر التقريبي للمجموعة الحراجية كثيراً ما يحدد وفق **المؤشرات الخارجية للشجرة:** لون الأوراق الإبرية، شكل التاج، لون وبنية اللحاء.

عند أشجار الأنواع المخروطية القديمة لون الإبر أكثر غمقاً مما عند الأشجار الفتية.

عند أشجار الأنواع المخروطية غمد الورقة يكون بلون أخضر فاتح زاهي وتكون غضة (طرية).عند الأشجار القديمة المتوقفة عن النمو في الارتفاع يملك التاج عادةً شكل مظلة مكورة (شكل قبة)، الجزء السفلي من الساق مغطى بلحاء ميت ثخين متشقق (الشكل 52 – من اليسار). يتساقط في شقوق لحاء مثل هذه الأشجار الغبار والرطوبة اللذان يعتبران بيئة غذائية لنمو وتطور الأعشاب المائية والنباتات المتدنية الأخرى، نتيجة لذلك يغطى الجزء القاعدي للساق بنموات خضراء، وألوان أخرى.

تتميز الأشجار الفتية بنمو قوي في الارتفاع، شكل التاج يشبه قمة البرج (المخروط) لحاء أملس لماع (الشكل 52– من اليمين).

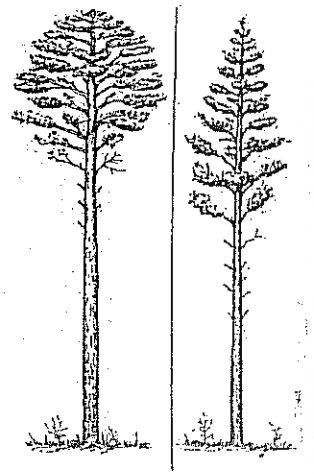
يمكن تحديد عمر الشجرة النامية بواسطة **مسبار العمر**، يدور المسبار بشكل لولبي في ساق الشجرة عند رقبة الجذر وتستخرج أسطوانة خشبية (سبرة)، التي يتم عليها حساب الحلقات السنوية.

يحدد العمر السائد للمجموعة الحراجية **بالنظر**. يشار إلى خصائص تأرجح العمر في صيغة تركيب المجموعة الحراجية.

عند النمو القوي للمجموعة الحراجية يحدد العمر بالنظر بدقة حتى 5 سنوات، عند النمو المتوسط حتى 10 سنوات، لدى النمو الضعيف حتى 20 سنة.

في فترة الأعمال التقييمية نتائج تحديد العمر بالنظر يجب أن تصحح بشكل دوري عن طريق حساب الحلقات السنوية على الأرومات والأشجار التي ستقطع.

في منطقة التايغا يمكن مراراً مصادفة مجموعات حراجية تملك في الطابق العلوي صنوبر بعمر 200–250 سنة بملوءة 0،2–0،3، في الطابق الثاني – تنوب بعمر 50–100 سنة، عند وضع العمر السائد لهذه المجموعات الحراجية يضطر المقيم إلى تقرير، هل تقيم المجموعة الحراجية كصنوبرية من صفوف العمر XIII – X أو كتنوبية من صفوف العمر V – III.



الشكل 52. أشجار مختلفة العمر:
من اليسار: شجرة قديمة بتاج على شكل مظلة.
من اليمين: شجرة فتية بتاج على شكل مخروط.

في حالات مشابهة يجب دراسة الخصائص النوعية للمجموعة الحراجية. إذا كان يوجد في الطابق الصنوبري العلوي عدد كافي من الأشجار العملية للاستثمار الفعال، أما الأشجار التي تشكل الطابق التنوبي فهي صالحة لإعداد خشب لصناعة الورق، يجب أن تنسب حينها إلى المجموعة الحراجية الصنوبرية من صفوف العمر XIII – X. إذا كان نفس الطابق الصنوبري خفيفاً ويتكون من أشجار مريضة تصلح للحطب، أما الطابق التنوبي ينمو بشكل جيد لكنه يتألف من أشجار لا تملك بعد رواجاً (غير صالحة للصناعة أو البيع)، فمثل هذه المجموعة الحراجية يجب تقييمها كتنوبية.

السؤال حول التفوق الاقتصادي لهذا أو ذاك الطابق لابد من حله في الغابة دارسين كل خصائص المجموعة الحراجية المقيمة.

في المثال الوارد لتقييم المجموعة الحراجية المركبة، عند حل السؤال حول العمر السائد تعد الأهمية الاقتصادية هي الأساس للأجزاء المكونة للمجموعة الحراجية، لذلك في جملة المصادفات يتوجب اعتبار عمر تلك الفئة من الأشجار، التي تبعاً للعوامل الاقتصادية والطبيعية تملك أكبر أهمية اقتصادية هي السائدة. بهذا الشكل تحدد طبيعة الاستخدام اللاحق لهذه المجموعة الحراجية، وبالتالي التدابير الحراجية المخططة (القطع الأساسي، قطع العناية بالغابة وغيرها).

من الصعب جداً تحديد العمر السائد في المجموعات الحراجية المختلفة الأعمار. في هذه الحالات من الواجب على المقيم أن يكون لديه تصوراً واضحاً حول الخصائص المميزة للمظهر الخارجي للأشجار مختلفة الأعمار في ظروف مواقع النمو المختلفة.

توجد المعطيات حسب تناسب عمر، قطر، ارتفاع الأشجار لدى مختلف ظروف مواقع النمو في جداول سير النمو التي تصف ديناميكية وتطور المجموعات الحراجية.

أجريت أبحاث عديدة في سيبيريا والشرق الأقصى تشهد بأن اختلاف الأعمار – خاصية مميزة للمجموعات الحراجية العذراء.

بالإضافة إلى ذلك عند تنامي الحرائق والقطوع الكلية في التايغا تنشأ مجموعات حراجية موحدة الأعمار. غير أنه في نتيجة تقطيعها اللاحق في الممرات (الفسح) الحراجية تظهر أجيال جديدة من الأشجار لمجموعة شجرية موحدة الأعمار تتحول بالتدريج إلى مختلفة الأعمار.

قسم علماء من سيبيريا (البروفيسور س. س. شانين، البروفيسور E. H فاليليف وغيرهم) المجموعات الشجرية السيبيرية في غابات التايغا حسب البنية العمرية إلى ثلاث فئات. المجموعات الشجرية موحدة الأعمار التي تتكون من أشجار تنتمي إلى جيل عمري واحد مع وجود فرق في العمر لا يتجاوز عدد السنوات في صف عمر واحد تشكل الفئة الأولى.

سميت مجموعات الفئة الثانية اصطلاحاً موحدة الأعمار. يقع في هذه المجموعات الشجرية ليس أقل من 9٪ من الاحتياطي العام في مجموعة عمر واحدة: متوسطة العمر، ما قبيل النضج، ناضجة ومعمرة. تتكون بهذا الشكل المجموعات الشجرية الموحدة الأعمار اصطلاحاً من عدة أجيال عمرية. غير أنه حصة الأجيال الثانوية فيها غير كبيرة.

تنتمي (شرطياً) المجموعات الشجرية مختلفة الأعمار إلى الفئة الثالثة. هي متنوعة جداً حسب بنيتها العمرية. في إحدى المجموعات الشجرية واضحة بشكل جلي الأجيال العمرية. يمكن ملاحظتهما على الأغلب في المجموعات الشجرية الصنوبرية والشربين التي تشكلت تحت تأثير الحرائق.

المجموعة الثانية من المجموعات الشجرية المختلفة الأعمار تتكون من مجموعة الأجيال العمرية غير الواضحة. يملك سقف هذه المجموعات الشجرية تراص عمودي. تشكل التنوب، الشوح والأرز مثل هذه المجموعات الشجرية.

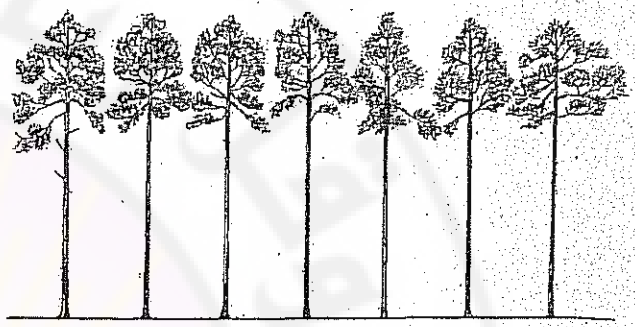
درس كوسيف [10] البنية العمرية للتنوب على مساحات واسعة للشمال الأوروبي، وتوصل إلى نتيجة أنه عند 90٪ من المجموعات التنوبية يتجاوز تأرجح العمر أكثر من حدود 20 سنة وهي تصل إلى 200 سنة وأكثر.

ينصح كوسيف وباحثون آخرون، بأنه عند تقييم التنوب يقسم إلى ثلاث نماذج من حيث البنية العمرية، تنتمي المجموعات الشجرية إلى موحدة الأعمار عندما تأرجح العمر عند 3/2 الأشجار لا يتجاوز 30 سنة. في نموذج المختلفة الأعمار اصطلاحاً (شرطياً) يصل اختلاف العمر عند 3/2 الأشجار إلى 70 سنة وعند مختلفة الأعمار –90 سنة. كما حدد البروفيسور كوسيف حدود تغير المؤشرات القياسية لكل نماذج التركيبة العمرية الثلاثة.

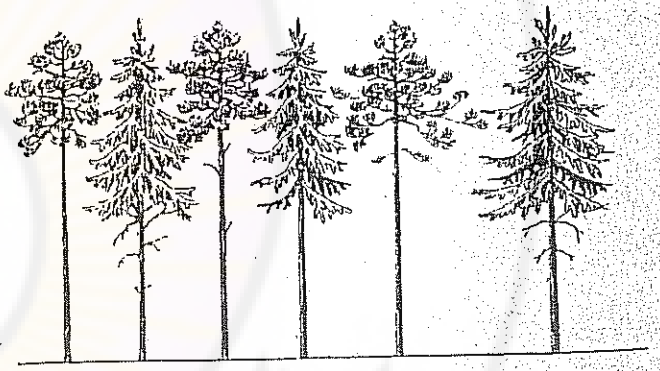
1-7- عناصر الغابة Forest elements:

اقترح البروفيسور تريتياكاف بدراسته لبنية المجموعات الحراجية تقسيمها إلى عناصر. يعتبر البروفيسور تريتياكاف عنصر الغابة: أصغر وحدة يمكن تقسيم الغابة إليها.

أفضل مثال واضح لعنصر الغابة المستقل تعد المجموعة الحراجية النقية الموحدة الأعمار والمتجانسة والتي تشغل مساحة لها نفس ظروف موقع النمو، في هذه الحالة مفهوم (**المجموعة الحراجية**) يبدو مشابهاً للمفهوم القياسي الجديد (**عنصر الغابة**) (الشكل 53).



الشكل 53. رسم تخطيطي لبنية مجموعة حراجية بسيطة- والتي تمثل عنصر غابة مستقل.



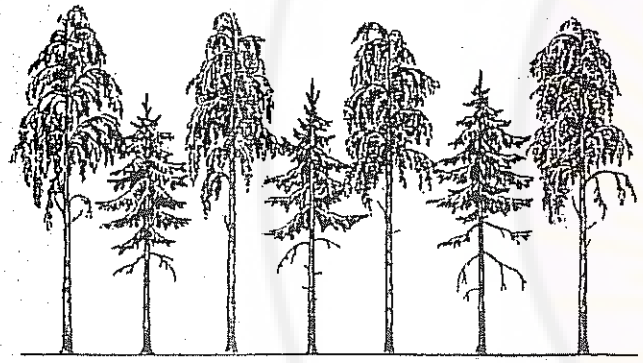
الشكل 54. رسم تخطيطي لبنية المجموعة الحراجية الصنوبرية التنوبية المكونة من عنصرين للغابة.

في المجموعات الحراجية المختلطة ذات الطابق الواحد، عدد عناصر الغابة سيكون مساوياً لعدد الأنواع الخشبية التي تدخل في تركيبها. لنفرض أن المجموعة الحراجية المختلطة المقيمة تملك التركيب التالي: 4Pic (110) 6Pin (120)، زد على ذلك بأن كلا النوعين يقعان في طابق واحد. طبقاً لمعادلة التركيب الواردة، تمثل كل من الأنواع الخشبية والتي تدخل في هذه المجموعة الحراجية جيل عمر واحد، نظراً لهذا نميز في هذه المجموعة الحراجية عنصرين للغابة: الصنوبر والتنوب (الشكل 54). في هذه الحالة مفهوم **(عنصر الغابة)** يتوافق مع مفهوم **(النوع الخشبي)**.

في المجموعات الحراجية المركبة حيث كل طابق يتكون من نوع خشبي واحد. عدد عناصر الغابة يساوي عدد الطوابق.

ينتشر بشكل واسع في منطقة الغابات المختلطة نموذج المجموعات الحراجية التي فيها يتكون الطابق العلوي من البتولا أما السفلي من التنوب (الشكل 55). طبقاً لدراسة البروفيسور تريتياكاف حول عناصر الغابة مثل هذه المجموعات الحراجية يتوجب اعتبارها مكونة من عنصرين: طابق علوي- بتولي. وسفلي- تنوبي.

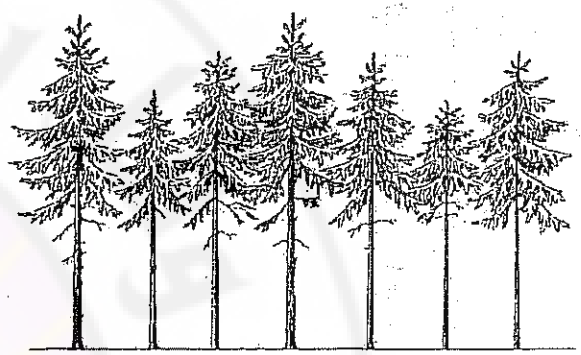
في هذه الحالة مفهوم **(عنصر الغابة)** يبدو متطابقاً مع مفهوم **(طابق المجموعة الحراجية)**.



الشكل 55. رسم تخطيطي لبنية المجموعة الحراجية البتولية- التنوبية المكونة من عنصرين للغابة.

تشكل الأنواع الخشبية المتحملة للظل (تنوب، شوح، وغيرهما) غالباً ولحد ما مجموعات حراجية مختلفة الأعمار حيث كثيراً ما نصادف في الغابات التي تقع شمال روسيا تنوب مكون من جيلين أو ثلاثة أجيال. مثلاً: الطابق العلوي مؤلف من تنوب بعمر 110 و 180 سنة، السفلي- من تنوب بعمر 60 سنة (الشكل 56). مثل هذه المجموعة الحراجية ينبغي اعتبارها مكونة من ثلاثة عناصر للغابة: أول عنصر - المجموعة الشجرية التنوبية بعمر 180 سنة، الثاني- مجموعة الأشجار بعمر 110 سنوات، الثالث- الطابق الثاني من التنوب بعمر 60 سنة.

في هذه الحالة مفهوم **(عنصر الغابة)** يتطابق مع مفهوم **(جيل العمر للغابة)**.



الشكل 56. رسم تخطيطي لبنية مجموعة حراجية تنوبية مختلفة الأعمار مكونة من ثلاث أجيال عمرية – عناصر الغابة.

بهذا الشكل يمكن إعطاء التعريف العام التالي لعنصر الغابة: **بأنه مجموعة حراجية نقية متجانسة موحدة الأعمار أو جزء من المجموعة الحراجية المختلطة المركبة أو المختلفة الأعمار المكونة من أشجار نوع واحد، متوضعة في طابق واحد، وتنتمي من حيث العمر إلى جيل واحد ولها نفس ظروف موقع النمو.**

في السجلات القياسية والتي تدرس فيها عناصر الغابة، يشار إلى الارتفاع الوسطي، القطر الوسطي، العمر واحتياطي كل عنصر للغابة. توفر هذه المعطيات يسهل تقسيم الاحتياطات الخشبية للمجموعات الحراجية إلى سرتيمنتات لها مقاييس مختلفة.

من النص الأخير سيكون واضحاً، بأنه لتقسيم الغابة إلى سرتيمنتات تستخدم بشكل واسع كما تسمى الجداول البضائعية (الجداول التجارية) والتي فيها يقسم الاحتياطي الخشبي إلى سرتيمنتات مستقلة. عند تشكيل الجداول البضائعية يعتمد كأساس التوزع الطبيعي للأشجار حسب الأقطار، الذي يتعلق بمقدار القطر الوسطي.

يمكن أن تكون الأقطار المتوسطة والارتفاعات متباينة عند عناصر الغابة المستقلة، لذلك توزع الأشجار التي تدخل في عنصر الغابة المستقل حسب القطر يبدو غير متماثل. يلاحظ ضمن حدود عنصر الغابة الواحد طبيعة ثابتة نسبياً في توزع الأشجار حسب القطر بالنسبة لقيمة القطر الوسطي.

تقسيم الأشجار إلى عناصر الغابة يسهل التقييم الصناعي للغابة. عند توفر مثل هذا التقسيم يمكن بمساعدة الجداول البضائعية تقسيم الاحتياطات الخشبية إلى سرتيمنتات مستقلة، بدون اللجوء إلى عمليات حسابية صعبة والتي تتصف بمقاييس ونوعية مختلفة والتي ستجد لها استخداماً مختلفاً في الاقتصاد الوطني.

بغض النظر عن الفائدة العملية لتقسيم المجموعات الحراجية إلى عناصر الغابة، غير انه لا ينبغي إعادة تقدير دورها وأهميتها كفئة قياسية جديدة.

الأفكار حول تقسيم المجموعات الحراجية المركبة إلى أجزاء متشابهة في علاقاتها التقنية والإدارية هي بحد ذاتها غير جديدة. قبل إدخال مفهوم (عنصر الغابة) في القياسات درست الأنواع الخشبية المستقلة في المجموعات الحراجية المختلطة بمساعدة التركيب، عزلت في المجموعات الحراجية المركبة الطوابق، أما في المجموعات الحراجية المختلفة الأعمار– أجيال العمر المستقلة.

كما رأينا عند التقييم بأن عنصر الغابة يتوافق بشكل إلزامي مع واحد من المفاهيم القياسية المذكورة سابقاً، على سبيل المثال: مجموعة حراجية بسيطة، جزء الأشجار التي تشكل نوعاً واحداً، طابق المجموعة الحراجية المركبة، جيل عمر مستقل في الغابة.

التحديد الصحيح للاحتياطي الخشبي من حيث التركيب السرتيمنتي مرتبط بشكل كبير بتقسيم المجموعة الحراجية المركبة أو المختلطة إلى أجزاء متشابهه من حيث ناتج السرتيمنتات.

لكي يحدد ناتج السرتيمنتات لكل جزء متجانس من المجموعة الحراجية، يجب معرفة الاحتياطي، القطر، الوسطي وارتفاع الأشجار. هذه المؤشرات القياسية من الضروري تسجيلها عند التقييم الاعتيادي، بتقسيم المجموعة الحراجية المركبة إلى طوابق وأجيال عمر. غير أن المقيمين يفضلون غالباً، التقييم التركيبي بدلاً من الوصف التحليلي والذي يحدد صيغة التركيب العامة لكل المجموعة الحراجية، القطر الوسطي والارتفاع الوسطي العام مع العلم أن مثل هذه المعلومات العامة لا تساعد في التقسيم الصحيح للاحتياطي إلى سرتيمنتات مستقلة. عند تجزئة المجموعة الحراجية إلى عناصر الغابة، هذا العيب لتطبيقي القياسات يصبح واضحاً جداً.

التقييم التحليلي هو الأكثر ضرورة وكمالاً وعملياً والذي فيه تجزأ المجموعات الحراجية المركبة المختلفة الأعمار والمختلطة إلى طوابق وأجيال العمر.

تحديد الاحتياطي والتركيب، الأقطار المتوسطة والارتفاعات للطوابق والأجيال يؤمن التقسيم الصحيح للأشجار النامية إلى سرتيمنتات.

في غضون ذلك من الضروري الأخذ بالحسبان بأن عزل الطوابق وأجيال العمر يبرهن على ذاته، في تلك الحالة عندما تميز بشكل واضح ولها احتياطي يشكل حصة ملموسة في الاحتياطي الخشبي العام.

1-8- بانيتيت* المجموعات الحراجية:

تنمو الغابة في ظروف مناخية وأرضية متنوعة، لذلك فهي تملك إنتاجية مختلفة ينبغي دراستها عند التقييم.

في القياسات الغابية لتقييم ظروف الغابة يحدد (بانيتيت المجموعة الحراجية). هذا المصطلح ينحدر من الكلمة اللاتينية bonitas، مما يعني (جودة مرتفعة أو صفة جيدة).

نستنتج: بأن البانيتيت يعتبر المؤشر الذي يصف نوعية ظروف نمو الغابة.

يوصف الاختلاف في ظروف نمو الغابة في القياسات بعدة **صفوف بانيتيت** نصفها بالأرقام المتسلسلة: صف 1 يعني أفضل ظروف النمو الغابية، أما الثانية فتعني تردي أو تدهور متدرج لها. تقسيم الغابة إلى صفوف بانيتيت مبني على دلائل محددة.

تلعب **نوعية التربة** الدور الحاسم في ظروف نمو الغابة (البنية، التركيب الكيميائي، محتوى الدبال، درجة الرطوبة، سماكة الطبقة الترابية وغيرها)، لذلك عند تحديد صف البانيتيت يبدو كما لو أن وصف التربة التي تنمو عليها المجموعة الحراجية، يجب أن يكون العامل المحدد. هكذا بالضبط تم التوصل إلى تحديد صف البانيتيت الذي حمل اسم صف حسن النوع حينئذ، في منتصف القرن التاسع عشر عند تشكيل أول جداول روسية لوصف ديناميكية نمو وتطور المجموعات الحراجية. غير أن محاولة تصنيف ظروف موقع النمو وتحديد صف البانيتيت تبعاً لظروف التربة لم يعطي نتائج إيجابية.

تحديد التطابق بين مؤشرات التربة وصفوف البانيتيت صعب نوعاً ما، وذلك لأنه في نفس صف البانيتيت وقعت ترب مختلفة، ومن ناحية أخرى- ترب متشابهة من حيث المؤشرات الخارجية، نسبت إلى صفوف بانيتيت مختلفة.

* البانيتيت: مؤشر يصف نوعية ظروف نمو الغابة وهو يمكن أن يأتي تحت اسم صف النمو أو صف الإنتاجية أو صف الخصوبة.

بعد ذلك استخدمت تجربة الزراعة في العملي حيث غالباً ولحد ما، خصوبة التربة أو درجة الصلاحية لتنمية أنواع مستقلة من المحاصيل الزراعية تُقَيّم بمقدار المحصول المجموع من وحدة المساحة. من هذا أفضل الظروف لموقع النمو والتي تنتمي إلى أعلى صفوف البانيتيت، عند بقية الظروف الأخرى المتساوية يجب أن تؤمن أفضل نمو سنوي وإنتاجية خشب عامة وأعلى احتياطي في وحدة المساحة، مع تردي ظروف موقع النمو كل هذه المؤشرات بالمقابل يجب أن تتناقص.

استخدام هذه الطريقة أو الأسلوب للمحاصيل الزراعية في الواقع يعطي القائمين بالقياس مؤشراً واضحاً لنوعية ظروف موقع النمو. موضوعية هذا مشترطة بأنه تكون على الترب المختلفة الخصوبة- كثافة زراعة بذور المحاصيل الزراعية على الأغلب واحدة عندها المردودية تكون مختلفة. عند تكاثر الغابة بشكل اصطناعي على ترب مختلفة توجد شروط مشابهة للزراعة.

إذا كانت كثافة زراعة أو غرس المجموعات الحراجية التي تنمو على ترب مختلفة الخصوبة واحدة، لكن الزيادات السنوية والاحتياطات الخشبية العامة فيها بدت مختلفة، عندها يمكن أن يكون مؤشراً لتميز ظروف موقع النمو.

لنفرض بأنه على الترب المختلفة النوعية يوجد مكان المجموعات الحراجية المكونة بشكل اصطناعي مجموعات حراجية طبيعية. إذا كانت الأشجار في هذه المجموعات الحراجية ستنمو بشكل كثيف، التيجان ستشكل سقفاً مستمراً، لا يوجد فسحات أو ممرات في الغابة، فإن مقدار الزيادة السنوية والاحتياطي الخشبي العام في ذلك العمر أو غيره للمجموعات الحراجية سيكونان مؤشراً لنوعية ظروف موقع النمو.

بمعرفة الزيادات السنوية والاحتياطات الخشبية لتلك المجموعات الحراجية يمكن تقسيمها إلى صفوف البانيتيت (صفوف الإنتاجية). لذلك اقترح أكثر من مرة تجزئة موقع النمو إلى صفوف بانيتيت (صفوف خصوبة) وفقاً لمقدار الزيادة السنوية والاحتياطي العام للمجموعة الحراجية الحاصل في العمر الموافق.

يصلح هذا الأسلوب لتعيين صف الإنتاجية للمجموعات الحراجية التي فيها التيجان متلاصقة بشكل كامل وكثافة وقوف الأشجار في أقصاها.

غير أن المجموعات الحراجية المصادفة الطبيعية المنشأ لا تفي غالباً بهذه الشروط. لدى أفضل الظروف لموقع النمو هي تعطي نموات سنوية منخفضة وبالتالي احتياطات خشبية منخفضة. هذا يفسر بعدم الالتحام الكامل لتيجان الأشجار.

تخفيف (أو موت الأشجار الطبيعي) المجموعات الحراجية يمكن أن يحدث لأسباب مختلفة: السقوط بالريح، عدم الالتحام الكلي للتيجان نتيجة عجز أو نقص التجديد الناجح، وفي النهاية عدم إجراء القطوع بشكل صحيح. نتيجة هذا مثل هذه المجموعات الحراجية حتى لو لم تستخدم حتى النهاية في ظروف النمو التي تعيش فيها، فهي لن تؤمن الزيادة السنوية العظمى والاحتياطي الخشبي الأكبر اللذين يمكن الحصول عليهما في ظروف النمو ذاتها.

من الطبيعي بأنه في هذه الحالة الزيادة السنوية والاحتياطي الخشبي لا يعتبران مؤشراً موثوقاً به لوصف نوعية ظروف موقع النمو. لذلك لا يمكن وضعهما في أساس تصنيف المجموعات الحراجية إلى صفوف باتيتيت(صفوف خصوبة).

تتحدث تجارب السنوات العديدة والمشاهدات على أنه أفضل مؤشر يعكس نوعية ظروف موقع النمو – هو ارتفاع المجموعة الحراجية في عمر محدد. فكلما كان الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية أكبر، كلما كانت بالتالي ظروف موقع النمو أفضل. لذلك كمؤشر تصنيفي لتقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف خصوبة يستخدم **الارتفاع الوسطي**.

يتعلق الارتفاع الوسطي للمجموعات الحراجية بعمرها: مع ازدياد العمر يزداد الارتفاع الوسطي بالمقابل، لذلك يستخدم الارتفاع الوسطي مع الأخذ بالحسبان العمر لتحديد صف البانيتيت(صف الإنتاجية).

بعد ذلك ظهر سؤال عن عدد صفوف البانيتيت والاختلاف فيما بينها، عند حل السؤال عن عدد صفوف البانيتيت الذي يمكن أن يتخذ فقط بشكل شرطي، تم الانطلاق من أنه إذا وضع عدداً كبيراً من الصفوف، سيتضاءل الاختلاف فيما بينها، كما أن عدداً قليلاً من الصفوف غير مقبول لأنه في حدود الصف الواحد يمكن أن تختلف الأشجار فيما بينها بشكل قوي.

اقترح البروفيسور اورلاف الذي أعد السلم البانيتيتي، تقسيم المجموعات الحراجية إلى خمسة صفوف بانيتيت، ينتمي إلى الصفوف النهائية V)،(I في هذه الحالة الأشجار التي قلما تصادف، ولكن ذات مجال واسع لتأرجح الارتفاع. لكي نتحاشى هذا العيب، تم عزل صفوف إضافية،

I_a،V_a بهذا الشكل كان قد حدد سبع صفوف بشكل كلي. في تلك الحالات عندما أشجار الصفوف I_a،V_a تشغل مساحة قليلة، يمكن جمعها مع الصفوف الأساسية الخمسة.

تقسيم الأشجار إلى صفوف بانيتيت حسب الارتفاع يكون أفضل في ذلك العمر، عندما يتوقف نمو الأشجار في الارتفاع أي عندما يصبح عمرها 100 سنة. لذلك عند تصنيف المجموعات الحراجية إلى صفوف بانيتيت يعتمد ارتفاع الأشجار بعمر مئة سنة. بالاعتماد على السلم البانيتيتي بعمر 100 سنة يسترشد بالمعطيات التجريبية حول تغير ارتفاع الأشجار حتى 100 سنة وبعد وصولها إلى هذا العمر، يمكن وضع جدول لكل نوع لتوزيع الأشجار حسب صفوف البانيتيت يبدأ بأصغرها وينتهي بأكبرها.

دراسة تغير الارتفاع عند الأنواع الأكثر انتشاراً أظهرت بأن الارتفاع يتغير بشكل أوسع عند المجموعات الحراجية الصنوبرية، عند التنوب والزان لا يصل الارتفاع الأصغري (الأقل) إلى ذلك الحد السفلي كما عند الصنوبر، أما لدى البتولا والحور الرجراج الارتفاع الأعظمي لا يصل إلى الحد العلوي للارتفاع المشاهد عند المجموعات الصنوبرية. بشكل عام حدود تأرجح الارتفاع عند هذه الأنواع متقارب لحد ما.

سلم تقسيم المجموعات الحراجية (الأشجار) إلى صفوف البانيتيت، المعد من قبل البروفيسور أورلاف له مدخلين: عمر الأشجار، والارتفاع الوسطي. الاجتماع أو الاقتران المختلف لهذين العنصرين يقابله صف بانيتيت محدد.

يعد سلم تقسيم الأشجار إلى صفوف البانيتيت عام لكل الأنواع الخشبية، سيما وأنه يلاحظ انحراف في نمو الأنواع المستقلة وخاصة في العمر الفتي. السلم الموحد لتقسيم كل الأشجار إلى صفوف البانيتيت يسهل الأعمال القياسية ويسمح بمقارنة النتائج الحاصلة.

شدة نمو المجموعات الحراجية البذرية والخضرية غير متماثلة: البذرية تنمو في العمر المبكر بشكل أبطئ، لتحديد صف البانيتيت للمجموعات الحراجية البذرية والخضرية وضعت سلالم خاصة. في الجدول 21– أعطي سلم تقسيمات المجموعات الحراجية البذرية إلى صفوف بانيتيت:

جدول 21. تقسيم المجموعات الحراجية البذرية إلى صفوف بانيتيت (حسب البروفيسور أورلاف).

العمر (سنة)	ارتفاع المجموعات الحراجية حسب صفوف البانيتيت، م						
	Ia	I	II	III	IV	V	Va
10	6-5	5-4	3-4	3-2	2-1	-	-
20	12-10	9-8	7-6	6-5	4-3	2	1
30	16-14	13-12	11-10	9-8	7-6	5-4	3-2
40	20-18	17-15	14-13	12-10	9-8	7-5	4-3
50	24-21	20-18	15-17	14-12	11-9	8-6	5-4
60	28-24	23-20	19-17	16-14	13-11	10-8	7-5
70	30-26	25-22	21-19	18-16	15-12	11-9	8-6
80	32-28	27-24	23-21	20-17	16-14	13-11	10-7
90	34-30	29-26	25-23	22-19	18-15	14-12	11-8
100	35-31	30-27	26-24	23-20	19-16	15-13	12-9
120	36-32	31-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10
130	38-34	33-30	29-26	25-22	21-18	17-14	13-10
140	39-35	34-31	30-27	26-23	22-19	17-14	13-10
160	40-36	35-31	30-27	26-23	22-19	18-14	13-10

شُكّل سلم تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف بانيتيت منذ أكثر من 100سنة. خلال هذه الفترة ظهرت حسناته وعيوبه.

وجد الدكتور ليفن ببحثه عن المجموعات الحراجية ذات البانتيت المتدني في الغابات الشمالية بأن سلم البانيتيت المشكل لا يعكس سير النمو الواقعي (الحقيقي) للمجموعات الحراجية المتدنية البانيتيت.

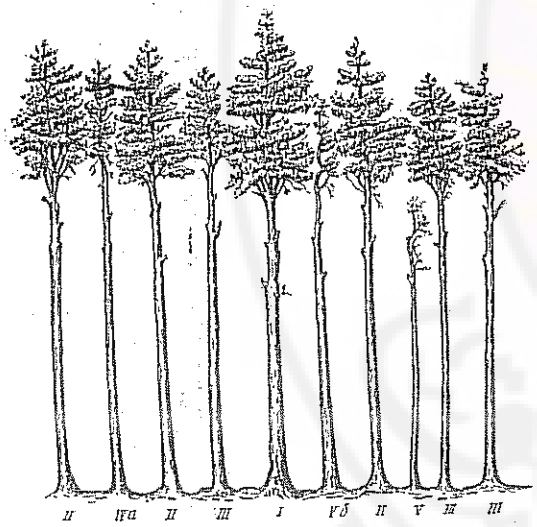
وجد البروفيسور شانين بدراسته المجموعات الحراجية الصنوبرية – اللاركسية– في الغابات السيبيرية بأنها تملك زيادة في الارتفاع في العمر 200 حتى 300 سنة، في حين يشترط السلم البانيتيتي ارتفاع ثابت للمجموعات الحراجية البذرية بعمر 150 سنة وأعلى. عند وضعه افترض بأن الزيادة في الارتفاع في العمر 150 سنة ستتوقف نهائياً. لذلك من خلال العيوب التي أظهرناها نجد أن سلم التصنيف البانيتيتي يجب تطويره وإعداده بشكل متكامل. وهذا يعتبر واحدة من المسائل القياسية التي يجب دراستها والبحث فيها.

سنتطرق إلى قواعد استخدام سلم تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف البانيتيت. لنفرض بأن المجموعة الحراجية المقيمة عمرها 70 سنة، أما ارتفاعها فيساوي 20م. في السطر حيث يقع

الرقم 70 نجد الارتفاعات 19–21. الارتفاع المطلوب يقع في وسط هذين الارتفاعين الحديين: هذا يعني بأن المجموعة الحراجية تنتمي إلى صف البانيتيت II.

عند تحديد البانيتيت في المجموعات الحراجية المختلفة الأعمار المتدهورة يؤخذ أيضاً بعين الاعتبار ظروف التربة وطبيعة غطاء التربة.

المجموعات الحراجية المكونة من أشجار تملك اختلافات في العلاقة البيولوجية. أثخن الأشجار وأعلاها والتي يكون تاجها نامياً بشكل قوي لحد ما تنتمي إلى صف النمو I، التي تقل عنها بعض الشيء– إلى II، المضغوطة من الجوانب – إلى III، المقصرة في النمو– إلى IV، والضامرة أو الهزيلة إلى صف النمو V. في الغابة المختلفة الأعمار يحدد صف البانيتيت حسب أعلى الأشجار التي تنتمي إلى صف النمو I (الشكل 57).



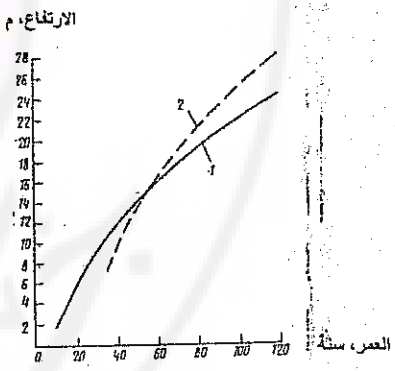
الشكل 57. تصنيف الأشجار حسب صفوف النمو.

حسب رأي كورسون، تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف البانيتيت لا يمكن أن يتم دون الأخذ في الحسبان النوع الخشبي، لأن متطلبات الأنواع المستقلة إلى وسط النمو مختلفة جداً. مثال: في الجبال حيث تنمو المجموعات الشجرية التنوبية لأعلى بانيتيت، السنديان ينمو بشكل

غير مرضي. أو في الأماكن التي تغمرها مياه الفياضانات، حيث الحور الرومي ينمو بشكل جيد، ينمو التنوب بشكل سيء. لذلك لا يمكن تشكيل سلم بانيتي عام لكل الأنواع الخشبية.

لإثبات وجهة نظر كورسون تم تشكيل منحنيات الارتفاع كتابع للعمر، للمجموعات الشجرية الصنوبرية والتنوبية الموحدة الأعمار والمتجانسة ذات البانيتيت الوسطي والمشكلة حسب معطيات شفاباخا (الشكل 58). كما هو واضح بأن هذه المنحنيات تتقاطع فقط في نقطة واحدة حيث يقابل العمر 57 سنة، المنحني في العمر30 سنة للصنوبر أعلى من منحني التنوب بـــ 3م، أما في عمر 100سنة- على العكس.

توصل عدة علماء لنتائج مماثلة بالنسبة للسلالم البانيتية (زارييف- سفولاف- نيكيتين وغيرهم). تبعاً لذلك كانوا قد اقترحوا إدخال السلالم التي تعكس خصائص نمو المجموعات الحراجية للأنواع الخشبية المختلفة. في عملي الحراج يمكن مراعاة هذه التدابير لتدقيق أهمية وظروف موقع النمو في الغابة.



شكل 58. منحنيات النمو للصنوبر والتنوب.

صنوبر-1، تنوب-2.

عند إجراء مثل هذا النوع من المقترحات سوف ينسب كل قطاع من الأرض إلى نفس صف البانيتيت، بغض النظر عن هذا أو ذلك الفرق في سرعة النمو للأنواع الخشبية التي تنمو في فترات منفصلة على أراضي هذا القطاع.

في المقابل لا يمكن إغفال النواحي الإيجابية للاقتراح الوارد باستخدام سلم بانيتيتي واحد لكل الأنواع الخشبية. هو يعتبر نظاماً عاماً متميزاً للقياس. والذي يسمح بتقييم نوعية الظروف الطبيعية بغض النظر عن النوع الخشبي.

إذا نظرنا إلى تجربة فروع الاقتصاد الوطني الكثيرة، فيمكن رؤية بأنه عند القياسات المختلفة نطمح إلى استخدام نظام عام موحد للقياسات والأوزان. توفر مقياس موحد للقياس في المحصلة يؤدي إلى أن المواد المقاسة والظواهر تبدو سهلة المقارنة.

مثل هذا النظام الموحد لتقييم نوعية الظروف الطبيعية لنمو الغابة يعتمد على قياس (تقدير) عام واحد. هذا النظام يستثني الأسلوب الفردي لتقييم نوعية ظروف موقع النمو.

مؤلف أول سلم بانيتيتي البروفيسور أورلاف عند حله لمشكلة تقسيم الغابة إلى صفوف البانيتيت انطلق من حساب الظروف الطبيعية والتربة وديناميكية نمو الأنواع الخشبية. وهو شكل سلم تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف بانيتيت معتمداً على ديناميكية نمو المجموعات الحراجية الصنوبرية. السلم المؤلف من قبله صمد أمام امتحانات الوقت الراهن، وليس هناك أساس لرفضه الآن.

خلال الفترة المنصرمة من استخدام سلم أورلاف البانيتيتي جمعت معلومات تسمح بتوسيعه وتدقيقه عن طريق إضافة معايير المجموعات الأكبر بالعمر.

ما يخص خصائص نمو الأنواع الخشبية المستقلة المشار إليها، وغير المدروسة في السلم البانيتيتي العام، فإنها يجب أن تعكس من جميع النواحي في جداول سير نمو المجموعات الشجرية.

1-9- ملوءة المجموعات الحراجية Stand Basal area per ha:

تمتلك الأشجار كثافة وقوف مختلفة في الغابة، أحياناً تتوضع الأشجار بشكل متراص بحيث أن تيجانها تتلاحم مع بعضها، وفي حالات أخرى تشكل فسح أو فرج في الغابة.

درجة تراص وقوف الأشجار والتي تصف لحد معين الاستفادة من الفراغ التي تشغله يسمى **ملوءة المجموعات الحراجية**. وهي تعتبر واحداً من أهم المؤشرات القياسية الذي بمساعدته يحدد الاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية.

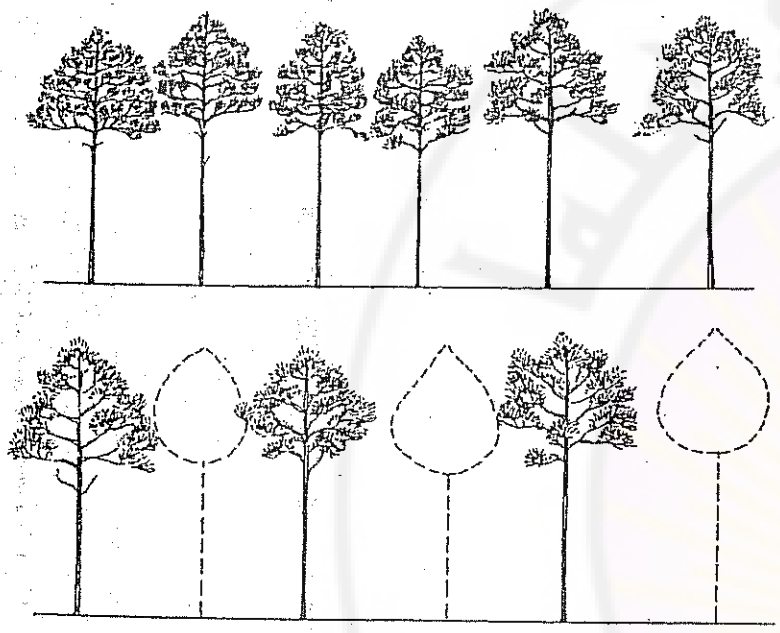
تُحَدِّدُ المؤشرات العددية الموضوعة لوصف ملوءة المجموعات الحراجية- لأي حد استغل الفراغ الذي تشغله الأشجار المكونة للمجموعات الحراجية. إذا كانت كثافة وقوف الأشجار كبيرة بالشكل الذي لا يسمح بوضع أشجار أخرى بنفس المقاييس في الفراغ الموجود فيما بينها فتعتبر ملوءة المجموعة الحراجية أعظمية ويرمز لها بـ 1،0، إذا كان بالإمكان إضافة عدد من الأشجار لها نفس المقاييس يساوي عدد الأشجار الموجودة أصلاً عندها الملوءة تساوي 5،0 (الشكل 59).

في تلك الحالات عندما يمكن إضافة 1،0 من عدد الأشجار الموجودة حتى يتم الحصول على مجموعة حراجية ممتلئة لأكبر حد. فإن ملوءة المجموعة الحراجية ينبغي أن تساوي 9،0 ..إلخ.

ملوءة المجموعة الحراجية- مقدار نسبي. عند تحديده كمعيار يؤخذ كما تسمى **المجموعة الحراجية الطبيعية.**

يسمي البروفيسور أورلاف المجموعة الحراجية بالطبيعية إذا كانت في الشكل، النوع، العمر، وظروف موقع النمو المتوفرة أكثر اكتمالاً، بمعنى كل قوى الطبيعة مستغلة من قبلها بمنتهى الكمالية أو على أكمل وجه. بمقتضى هذا في المجموعة الحراجية الطبيعية يجب أن لا يكون ولا شجرة واحدة إضافية أو ناقصة. وهذا يمكن أن يكون فقط إذا كان سقف الأشجار المكونة للمجموعة الحراجية متراصاً بشكل كامل، والتيجان تغطي التربة كلياً ولا تسمح بنمو عدد أكبر من أشجار هذا النوع والعمر على هذه المساحة.

مما ورد يمكن الوصول إلى أن أول معيار للحكم على ملوءة المجموعة الحراجية يعتبر درجة تراص تيجان الأشجار والمسمى تراص السقف.



الشكل 59. رسم تخطيطي للمجموعات الحراجية بملوءة 0،1 (في الأعلى)، و0،5 (في الأسفل).

يجب أن لا ننسى بأن تراص السقف وملوءة المجموعات الحراجية- مفاهيم مختلفة، ولكن يوجد فيما بينها علاقة ارتباط خاصة في أغلب الحالات توصف بمعامل ارتباط عالي لحد ما.

يتعلق تراص السقف بنوع الأشجار، خصائصها البيولوجية، العمر، ظروف النمو، منطقة نمو الغابة وغيرها. مثال: الزان والتيليا يعطيان تراص أكثر غزارة من البتولا واللاركس، الأنواع المتحملة للظل تشكل تلاحم أكبر من المحبة للضوء، درجة التلاحم عند الأشجار ذات التيجان الواسعة والضيقة مختلفة وهكذا.....

عند الأبحاث القياسية الدقيقة يجب تمييز التلاحم المحدد حسب مساحة مسقط السقف عن المحدد حسب مجموع مساحات مساقط التيجان. في الحالة الأولى التلاحم هو نسبة مساحة مسقط كل السقف إلى مساحة قطاع الغابة المشغول بالأشجار، في الثانية هو نسبة مجموع مساحة مساقط

التيجان المحسوبة بشكل مستقل لكل شجرة تدخل في تركيب المجموعة الحراجية المقيمة في المساحة المشغولة من قبل هذه الأشجار.

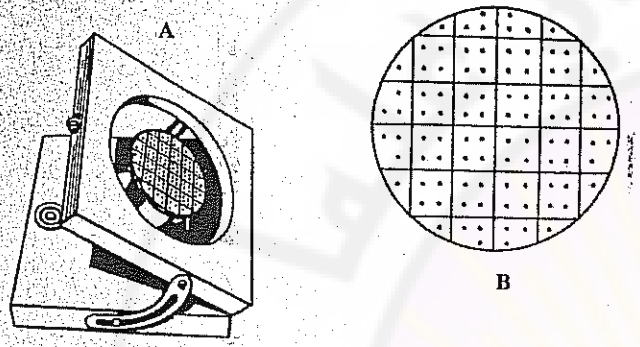
مجموع مساحات مساقط التيجان تبدو أكبر بعض الشيء من مساحة السقف. هذا يفسر بأن التيجان عند الأشجار المتجاورة تتشابك بشكل جزئي مع بعضها البعض ونهايتها تجمع مرتين وبالتالي عند حساب مساقط تيجان الأشجار جزء من مساحة المسقط يحسب مرتين، إذا أضفنا مساحة الفراغات الموجودة بين الأشجار إلى مجموع مساقط التيجان نحصل على مقدار أكبر بعض الشيء من المساحة التي تشغلها المجموعة الحراجية المدروسة.

تلاحم المجموعة الحراجية المحدد حسب مسقط السقف كقاعدة عامة يبدو أقل من واحد. تشكل الفراغات الحتمية 15–20٪ من مساحة مسقط سقف المجموعة الحراجية الكامل. مع ازدياد عدد الأشجار في وحدة المساحة أو بكلمات أخرى مع ازدياد كثافة الأشجار يزداد تلاحم السقف فقط إلى حد معلوم. عند كثافة محددة يصل التلاحم إلى الحد الأعظمي. بعدها الزيادة المستمرة لعدد الأشجار قد لا تؤدي إلى زيادة تلاحم السقف.

في غابات التايغا السيبيرية الورقية والمخروطية القديمة يصادف 150–200 شجرة في 1 هكتار. تيجانها كقاعدة عامة غير متلاحمة. إذا أسقطت المقاطع العرضية لتيجان كل الأشجار في هذه المجموعات الحراجية على الأرض فمجموع مساقط التيجان الحاصل يبدو أقل من منتصف المساحة التي تشغلها المجموعة الحراجية.

عند بقية الظروف المتساوية تملك المجموعات الحراجية المخروطية أكبر تلاحم في العمر من 20 حتى 80 سنة، أما المجموعات الحراجية الخضرية من الأنواع عريضة الأوراق– من 20 حتى 50 سنة. مع استمرار زيادة العمر للمجموعات الحراجية يتناقص التلاحم تدريجياً.

لقياس درجة تلاحم السقف في الولايات المتحدة الأمريكية يستخدم جهاز يسمى مقياس دينسو الكروي (الشكل 60).



الشكل 60. مقياس دينسو الكروي.

A–منظر عام. B – شبكة مقياس دينسو.

الجزء الأساس لهذا الجهاز يعتبر مرآة لماعة مطلية بالكروم بشكل جيد، كروية الشكل بقطر 64مم تعكس السقف الشجري. هذه المرآة مثبتة في علبة خشبية مع مغلاق مفصلي. يوجد بجانب المرآة في العلبة ميزان كحولي دائري. يوجد على سطح المرآة الكروية شبكة شعرية تقسم المرآة إلى 24 مربع، يوجد في كل منها وعلى مسافات متساوية عن بعضها البعض 4 نقاط. المجموع على الشبكة الشعرية 96 نقطة. يقابل كل منها بشكل تقريبي 1٪ من مساحة السقف الغابي.

ينصح عند تحديد تلاحم السقف الغابي مسك الجهاز باليدين معاً وإلى الأمام وعلى مسافة 30سم. لتثبيت الجهاز بشكل أفضل يجب مسكه بزند إلى الجسم.

يجب إجراء المراقبة بعين واحدة أما الثانية فتبقى مغلقة. يحسب على الشبكة الشعرية عدد النقاط غير المغلقة بتيجان الأشجار. سيشكل عدد هذه النقاط بالنسبة المئوية مساحة الفراغات الموجودة في السقف. في المجموعات الشجرية الخفيفة الكثافة ينبغي حساب النقاط المغطاة بتيجان الأشجار. سيحدد عددها درجة تلاحم السقف بالنسبة المئوية.

تحتم التعليمات عمل أربع نقاط للتسجيل. بتسجيل واحد من كل جهة للضوء. على أساس الأربع مشاهدات يستنتج المؤشر الوسطي.

حسب معطيات ليمون، الخطأ في تحديد تلاحم السقف بمقياس دينسو الكروي لا يتجاوز 5٪± وفي المتوسط 3٪.

تحدد ملوءة المجموعات الحراجية حسب تلاحم التيجان **بالنظر**. يضطر المقيم على الأغلب العمل في المجموعات الحراجية حيث يوجد فراغات كبيرة بين تيجان الأشجار المتجاورة. في هذه الحالات، هو يجب أن يتخيل أي جزء من الأشجار يمكن إضافته في الفراغات بين الأشجار الموجودة. هو في البداية ينبغي أن يعير اهتمامه إلى الفرج التي لا مفر منها بين التيجان في مجموعات الأشجار الأكثر تراصاً، بعد ذلك إلى الفرج بين مجموعات الأشجار المستقلة (فتحات في الغابة).

يمكن تحديد الملوءة بالأسلوب النظري فقط بشكل تقريبي، للتحديد الأكثر دقة يوجد أساليب أخرى.

المجموعة الحراجية الممثلة الطبيعية للنوع، العمر، البانيتيت المراد يجب أن تمتلك أعلى احتياطي خشبي. تبعاً لذلك يمكن تحديد ملوءة كل المجموعات الحراجية الأخرى عن طريق تقسيم الاحتياطي الخشبي للمجموعة الحراجية المقيمة على المخزون الخشبي للمجموعة الحراجية الممثلة الطبيعية لنفس النوع، العمر والبانيتيت.

يتم على الأغلب على الأراضي التي يجري عليها القياس جرد الأشجار – وحسب جداول مساعدة يحدد مجموع المساحات القاعدية على ارتفاع الصدر عند كل الأشجار التي تدخل في الحساب، بعد ذلك يتم الحصول على مجموع المساحات القاعدية في 1هكتار وتقارن مع مجموع المساحات القاعدية للمجموعة الحراجية الطبيعية الممثلة التي لها نفس التركيب، العمر وصف البانيتيت.

لقد حدد مجموع المساحات القاعدية لأشجار أهم الأنواع الخشبية في المجموعات الحراجية الطبيعية الممثلة بالطريقة التجريبية ووضعت في جداول خاصة تصف ديناميكية تطور المجموعات الحراجية (جداول سير نمو المجموعات الحراجية). في هذه الحالة تحدد ملوءة المجموعات الحراجية حسب المعادلة البسيطة التالية:

$$P = \frac{\sum Gd}{\sum Gn} \qquad (142)$$

حيث:

$\sum Gd$: مجموع المساحات القاعدية للأشجار الموجودة في 1هكتار للمجموعة الحراجية المقيمة.

$\sum Gn$: مجموع المساحات القاعدية للمجموعة الحراجية الممثلة الطبيعية.

يحدد مجموع المساحات القاعدية للمجموعات الشجرية الطبيعية الممثلة وفق جداول سير نمو المجموعات الحراجية. وكذلك حسب الجداول المسماة بالمعيارية أو القياسية.

يعرف البروفسور تريتياكاف **الملوءة المطلقة Absolute Basal area per ha**: مجموع المساحات القاعدية للأشجار التي تكون المجموعة الشجرية، أما ناتج قسمة هذا المجموع على مجموع المساحات القاعدية الموافقة للمجموعة الحراجية الطبيعية– **بالملوءة النسبية Relative Basal area per ha**.

كما يعرّف البروفسور تريتياكاف **كثافة المجموعة الشجرية Stand density** بأنها عدد الأشجار في وحدة المساحة الغابية.

لا تصلح دائماً كثافة المجموعة الشجرية لأن تكون مؤشراً صحيحاً لملوءة المجموعة الحراجية. عند نفس العمر، وعدد الأشجار تبدو الملوءة أقل عند المجموعة الحراجية المتأخرة في النمو، تلاحظ مثل هذه الظواهر على الأغلب في المجموعات الحراجية والزراعات المختلفة الكثافة. في المجموعات الحراجية الكثيفة وغير المتعرضة للقطع تلاحم أو تراص السقف قريب إلى الواحد، أما الملوءة المحددة كنسبة احتياطي هذه المجموعة الحراجية إلى احتياطي المجموعة الحراجية الطبيعية تبدو أقل من الواحد. لذلك عند تحديد الملوءة بالأساليب المختلفة غالباً ما نحصل على نتائج مختلفة لحد ما.

في المجموعات الحراجية الكثيفة تكون الملوءة المحددة حسب المخزون أقل بكثير من الملوءة المحسوبة وفق مجموع المساحات القاعدية. هذا يعتبر نتيجة أن الارتفاع الوسطي في المجموعات الحراجية الكثيفة أحياناً أقل منه في الخفيفة، أما مجموع المساحات القاعدية في كلا المجموعتين يمكن أن يكون واحداً، علماً أنه في المجموعات الحراجية المتوسطة الكثافة الملوءة المحددة حسب مجموع المساحات القاعدية ووفق المخزون الخشبي متقاربة فيما بينها.

تحيد الملوءة كنسبة مجموع المساحات القاعدية للأشجار يستعمل فقط للتقييم الحسابي أما عند التقييم بالنظر إيجاد نسبة مجموع المساحات القاعدية للأشجار التي تحدد ملوءة المجموعة

الحراجية غير ممكن. مجموع المساحات القاعدية لكل الأشجار التي تكون المجموعة الحراجية، يشكل بالنسبة إلى الأراضي التي تشغلها المجموعة الحراجية مقدار قليل جداً 0،002-0،004، مثل هذه القيم لا يمكن عملياً تقديرها بالنظر، لذلك عند تحديد الملوءة تدرس ملوءة الأشجار الواقفة، قطرها ودرجة تلاحم التيجان.

يشكل المسقط الأفقي لتيجان الأشجار في أكثر المجموعات الحراجية انتشاراً 0،4-0،8 من المساحة المشغولة بالمجموعات الحراجية. تحديد مثل هذه القيم بالعين المجردة أسهل بكثير من مجموع المساحات القاعدية للأشجار. من وجه النظر هذه تعد ملوءة المجموعة الحراجية أكثر مؤشراً يصف ملوءة الأشجار الواقفة ودرجة الاستفادة من الفراغ المشغول من قبلها.

يعد تحديد الملوءة عند تقييم المجموعات الحراجية المركبة والمتعددة الطوابق أكثر صعوبة، في هذه الحالة يجب تصور كيف تبدو المجموعة الحراجية فيما إذا بقي فيها طابق واحد خاضع للتقييم واستثنيت البقية أو أبعدت. يجري في البداية تقييم مماثل للطابق الأول ومن ثم لبقية الطوابق.

تسمى الملوءة المحددة للطابق المستقل **جزئية**، أما للمجموعة الحراجية المركبة بالكامل فتسمى **عامة**. لكي تحدد الملوءة العامة يجب زيادة الملوءة الجزئية للطابق الأساسي بما يتوافق ونصيب الاحتياطي للطوابق الثانوية.

لنفرض أن الطابق الأول يملك ملوءة جزئية 0،5 واحتياطي 200م^3، احتياطي الطابق الثاني يساوي 80م^3، نجد من هذه المؤشرات لكل جزء بالعشرة من ملوءة السقف الأول يتبع 40م^3 من الاحتياطي الخشبي. من هنا يمكن اعتبار بأن 80م^3 من احتياطي الطابق الثاني تكافئ أو تعادل 2،0 من ملوءة الطابق الأساسي. نستنتج بأن الملوءة العامة للمجموعة الحراجية المقيمة تساوي 0،5+2،0=0،7.

للتحديد الأدق لناتج السرتيمنتات وتخطيط التدابير الغابية المختلفة من الأنسب تقسيم المجموعات الخراجية المركبة إلى طوابق وتحديد ملوءة كل منها على حدى.

توصف كثافة احتلال الأشجار للأراضي الغابية في الولايات المتحدة الأمريكية بتحديد معيار قياسي إضافي يسمى كثافة المجموعة الحراجية. يفهم تحت هذا المعيار الإضافي بأنه عدد الأشجار في أكر، الناتج في المجموعة الحراجية ذات القطر الوسطي المناسب.

يحدد مؤشر كثافة المجموعات الحراجية وفق سلم خاص أو مخطط بياني للأنواع المستقلة، تُحمّلْ على المخطط مجموعة خطوط تظهر العلاقة بين عدد الأشجار والأقطار الوسطية للمجموعات الحراجية.

يحدد مؤشر كثافة المجموعة الحراجية المقيمة عن طريق مقارنة عدد الأشجار المصادف والقطر الوسطي مع معطيات المخطط البياني المطابق. الخط القريب إلى المعطيات المشاهدة سيصف كثافة المجموعة الشجرية المقيمة. توصف خطوط مؤشرات كثافة المجموعة الحراجية بالمعادلة:

$$\log n = a \log d + b \qquad (143)$$

حيث: n:عدد الأشجار في الأكر.

d: القطر الوسطي للمجموعة الحراجية.

يجب أن تُبْذل الجهود للحصول على معادلة مماثلة في التصميم لأهم الأنواع الخشبية المنتشرة في بلادنا وطبقاً لها من الواجب تحديد درجة كثافة المجموعات الحراجية.

مما عرض يمكن التوصل إلى استنتاج: بأن درجة استخدام الأراضي المشغولة من الأشجار في المجموعة الشجرية توصف بثلاث مؤشرات: تلاحم السقف، ملوءة المجموعة الشجرية وكثافتها.

تلاحم السقف Crown Coverage: عبارة عن نسبة مجموع المساقط الأفقية لتيجان الأشجار إلى المساحة المشغولة بالأشجار.

ملوءة المجموعة الشجرية: تحدد بنسبة مجموع المساحات القاعدية لأشجار المجموعة الشجرية المقيمة والمجموعة الشجرية الممثلة الطبيعية التي لها نفس التركيب، العمر وظروف موقع النمو.

كثافة المجموعة الشجرية Stand density: توصف بنسبة عدد الأشجار في وحدة المساحة لهذه المجموعة الشجرية والمجموعة الشجرية الطبيعية الممثلة عند قطر وسطي واحد.

-عند غالبية المجموعات الشجرية كل هذه المؤشرات الثلاثة تعتبر أعداداً نسبية لا تتجاوز قيمتها الواحد. غير أنه في الحالات التجريبية يمكن أن تبدو أعلى من هذا المعيار.

1-10- القطر الوسطي للمجموعات الحراجية Average Diameter:

في نفس المجموعة الشجرية المتجانسة المكونة من أشجار نفس النوع، والعمر يكون ارتفاع، قطر وشكل الأشجار مختلفاً. كذلك عدد الأشجار التي تنتمي إلى صفوف الأقطار المستقلة غير متشابه: عدد الأشجار الرفيعة والنحيفة جداً عادة أقل من عدد أشجار صفوف الأقطار المتوسطة.

لوصف قطر الأشجار المشكلة للمجموعة الشجرية المستقلة يحدد قطرها الوسطي وهنا نميز:

أ- القطر الوسطي dg الموافق لمساحة مقطع الشجرة الوسطى في المجموعة الحراجية.

ب- القطر الوسطي الحسابي d الحاصل من قسمة مجموع أقطار الأشجار المكونة للمجموعة الشجرية على عددها:

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{N} \qquad (144)$$

ج- قطر الشجرة الوسطي d_M المحدد عن طريق توزع الأشجار في سلسلة الأقطار المتغيرة بالتدريج مبتدئين من الأكبر أو الأصغر وإيجاد الشجرة الوسطى في هذه السلسلة حسب المعادلة: $\frac{n+1}{2}$.

د- القطر المحدد بما يتطابق مع مساحات المقاطع الوسطى وفق صفوف الأقطار dg_m. يوجد أيضاً بنفس طريقة d_M غير أن القيم في كل صف أقطار تحدد من مساحة المقاطع المتوسطة: $\sum g /2$.

ه- أقطار كاكينادل (d+)،(d-) للأشجار الموديل المحدد حسب المعادلات.

d-=d-s،d+=d+s

حيث: S: الانحراف التربيعي الوسطي عن القطر الوسطي d.

من كل المتوسطات الواردة يحدد على الأغلب القطر الوسطي dg المقابل لمساحة مقطع الشجرة الوسطى في المجموعة الحراجية. لتحديده قبل كل شيء لا بد من إجراء جرد للأشجار الذي يعطي توزع الأشجار حسب صفوف الأقطار.

طبقاً لهذا التوزيع ولمساحات مقاطع وصفوف الأقطار المستقلة نجد مجموع مساحات المقاطع لكل الأشجار التي تدخل في المجموعة الحراجية حسب المعادلة التالية:

$$\sum g = g_1 n_1 + g_2 n_2 + g_3 n_3 + \square + g_n n_n \qquad (145)$$

حيث: .....g_1،g_n: مساحات مقاطع الأشجار لصفوف الأقطار المستقلة.

.....n_1،n_n: عدد الأشجار في صفوف الأقطار المستقلة.

بتقسيم مجموع مساحات المقاطع العرضية على عددها العام نحصل مساحة المقطع $\bar{g}$ الذي تملكه الشجرة المتوسطة القطر:

$$\bar{g} = \frac{\sum g}{N}$$

حسب مساحة المقطع العرضي للشجرة يمكن تحديد قطرها على أساس العلاقة التالية:

$$g = \frac{\pi}{4} d^2$$

من هنا:

$$d = \sqrt{\frac{4g}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{g}{\pi}} \qquad (146)$$

القطر المحسوب وفق هذه المعادلة سيكون القطر الوسطي للمجموعة الحراجية.

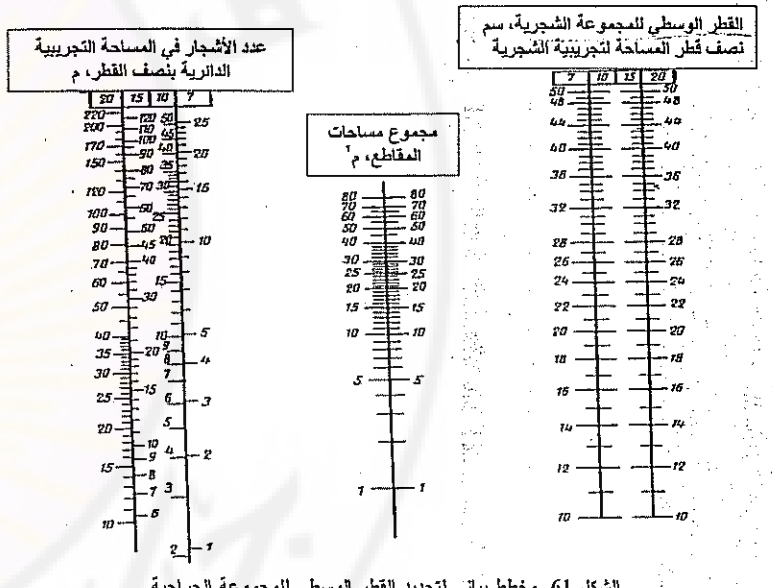
لتسهيل حساب القطر الوسطي تم إيجاد مجموع مساحات المقاطع حسب جداول خاصة والتي فيها تعطى مساحات مقاطع الأشجار المختلفة الأقطار. يوجد أيضاً جدول، مشكل على أساس المعادلة (146) والذي من خلاله يمكن إيجاد القطر الوسطي بعد معرفة مساحة مقطع الشجرة الوسطى.

خلال السنوات الـ 50 الأخيرة قامت التقنية القياسية بخطوة كبيرة إلى الأمام، حيث كان أهم إنجازاتها إعداد الطرق التسديدية للقياس. بمساعدة الأجهزة الجديدة تم إيجاد مجموع مساحات المقاطع العرضية للأشجار $\sum g$ في 1هكتار من المجموعة الشجرية المقيمة بأقل جهد ممكن- بالإضافة إلى مجموع مساحات المقاطع العرضية لابد لتحديد القطر الوسطي من معرفة عدد الأشجار N في 1هكتار لنفس المجموعة الشجرية.

يمكن حل هذه المسائل عن طريق تعيين مساحات دائرية ذات نصف قطر ثابت. على مثل هذه المساحات الحسابية يجب حساب عدد الأشجار الكلي N، إذا أردنا حساب عدد الأشجار بالنسبة لـ 1هكتار فنضرب عدد الأشجار في المساحة الحسابية بنسبة الـ 1هكتار إلى مساحة الدائرة معبراً عنها بالأمتار المربعة:

$$N = n\frac{10000}{s} \qquad (147)$$

عند تحديد عدد الأشجار بهذه الطريقة تظهر مسألة جديدة: كيف يتم تحديد المساحة الدائرية ذات نصف القطر الثابت بصرف أقل وقت وجهد لذلك. يمكن حل هذه المسألة بثلاث طرق: بمساعدة الشريط القياسي، بمساعدة عصا المقيم، وبواسطة الموشور (مسدد قياسي). لتسهيل كل الحسابات المرتبطة بتحديد القطر الوسطي للمجموعة الحراجية كان أنوتشين قد أنشأ مخططاً بيانياً خاصاً (الشكل 61).



الشكل 61. مخطط بياني لتحديد القطر الوسطي للمجموعة الحراجية.

عند تحديد القطر الوسطي الحسابي d أيضاً لا بد من جرد الأشجار التي تتوزع حسب صفوف الأقطار وبالاعتماد على نتيجة الجرد يتم إيجاد القطر الوسطي وفق المعادلة:

$$\bar{d} = \frac{d_1 n_1 + d_2 n_2 + \cdots + d_n n_n}{n_1 + n_2 + \cdots + n_n} = \frac{\sum d}{N} \qquad (148)$$

يمكن تحديد القطر الوسطي الحسابي للمجموعة الشجرية أيضاً حسب الرسم التخطيطي المستخدم في إحصاء المتغايرات لدى إيجاد المتوسطات الحسابية (الجدول 22).

نورد في الجدول (22) مثال لجرد الأشجار حسب صفوف الأقطار ذات الأربع سنتيمترات. اعتمد صف القطر 20سم كقطر وسطي شرطي، لأنه يحتوي على أكبر عدد من الأشجار. طبقاً لهذا سيكون انحراف صف القطر (20) عن القطر الوسطي الشرطي صفراً. تنحرف صفوف الأقطار 16و24سم عن القطر الوسطي الشرطي (20سم) بصف واحد، صفوف الأقطار 12،28- بصفين، صفوف الأقطار 8،32سم- بثلاث صفوف.... إلخ، تملك صفوف الأقطار أقل من 20سم انحرافات بإشارة ناقص، أما الأعلى – بإشارة زائد.

في العمود الأخير للجدول أشير إلى مجموع الانحرافات الحاصلة نتيجة ضرب الانحراف عن القطر الوسطي الشرطي بعدد الأشجار في الصف.

جدول(22) تحديد القطر الوسطي حسب مخطط الحساب المعتمد في إحصاء الاحتمالات.

صف القطر، سم	عدد الأشجار	الانحراف عن القطر الوسطي الشرطي	مجموع الانحرافات
8	40	-3	-120
12	120	-2	-240
16	220	-1	-220
20	280	0	0
24	130	+1	130
28	70	+2	140
32	30	+3	90
36	10	+4	40
المجموع	900	-	-180

يشكل الانحراف العام لكل الأشجار 180. بتقسيمه عل عدد الأشجار (في مثالنا 900) وضربه بـــ4 أي بعدد السنتيمترات في صف القطر الواحد نجد التصحيح الذي يجب إضافته إلى مقدار القطر الوسطي الشرطي لكي نجد القطر الوسطي الحقيقي: $\frac{-180\times4}{900} = \frac{-720}{900} = -0{،}8\ cm$

نستنتج أن القطر الوسطي الحقيقي لمثالنا سيساوي: 0-)+20،19=(8،2(cm)

تحديد القطر الوسطي الحسابي للمجوعة الشجرية حسب المخطط الوارد يكون من خلال الصيغة التالية:

$$\bar{d} = d_0 + a(\sum nk : \sum n) \qquad (149)$$

حيث: d_0: القطر الوسطي الشرطي.

a: مقدار صف الأقطار المساوي 4سم.

$\sum nk$: مجموع الانحرافات عن القطر الوسطي الشرطي لكل الأشجار التي تدخل في الحساب.

$\sum n$: العدد العام للأشجار الداخلة في الحساب.

إذا اعتبرنا هذا الاختلاف هو التصحيح b، بإضافته إلى مقدار القطر الوسطي الحسابي عندها يحسب القطر الوسطي وفق المعادلة: $\bar{d} = d_0 + b$.

إذا كانت قيمة $\bar{d}$ لا تتجاوز 16سم، b ستساوي 0،5سم، إذا كانت $\bar{d}$ تتكل من 16-26سم التصحيح يساوي 1سم، إذا كان أكبر من 26سم فإن b=1،5سم.

كما قد ذكرنا سابقاً، الأساليب المدروسة لتحديد القطر الوسطي تتطلب حساب تمهيدي للأشجار، وهذا العمل صعب لحد ما.، لذلك في عملي القياسات يحدد القطر الوسطي **بالنظر**.

لكي نتعلم تحديد القطر الوسطي بالنظر يجب تقييم عدد كبير من المجموعات الحراجية بالأسلوب الحسابي وحساب القطر الوسطي. في هذه الحالة تبقى في الذاكرة نماذج المجموعات الحراجية مما يسمح لحد ما عند العمل التالي وبشكل دقيق تحديد القطر الوسطي بالنظر.

عند تحديد القطر الوسطي بالنظر يجب الأخذ بعين الاعتبار بأنه في المجموعة الحراجية المتجانسة بأن قطر أرفع شجرة أقل بمترين من القطر الوسطي للمجموعة الحراجية، أما قطر أثخن شجرة بـ 1،1-7،1-8 مرة أكبر من المتوسط.

لدى التقييم العملي لتحديد القطر الوسطي يتم قياس قطر 10 أشجار من بين الأشجار المتوسطة القطر الممثلة بأكبر عدد ضمن المجموعة الحراجية. تقاس الأقطار عند الأشجار المختارة بالشوكة القياسية أو أية أداة أخرى، وتجمع المقادير الناتجة في هذه الحالة في محصلة عامة.

يقسم مجموع الأقطار الحاصل على 10 وتعتمد النتيجة كقطر وسطي:

$$\bar{d} = 0،1 \sum d$$

يعطى استخدام أسلوب الاختيار العشوائي لتحديد القطر الوسطي الحسابي نتائج أكثر صحة. لإيجاد القطر الوسطي في هذه الحالة فإن عدد الأشجار المختارة للقياس n الذي يتعلق بالدقة المطلوبة p ومعامل اختلاف الأقطار في المجموعة الحراجية C_d يحسب حسب العلاقة الإحصائية التالية:

$$n = \frac{C_d^2}{p^2} \qquad (150)$$

على أساس كمية كبيرة من المعلومات التجريبية التي جمعت في الغابات استنتج البروفسور زاخاراف بأن تغير قطر الأشجار في المجموعات الحراجية الصنوبرية C_d يوصف بمعامل اختلاف في المتوسط 25٪، لذلك لإيجاد مقدار القطر الوسطي بدقة تصل حتى 2٪ يجب قياس الأقطار على ارتفاع الصدر لـ 165 شجرة من المجموعة الحراجية وعند 79 شجرة عندما يراد الحصول على نتائج بدقة حتى 3٪، ولـ 26 شجرة- بدقة حتى 5٪، ولـ 7 أشجار- بدقة حتى 10٪.

يحدد القطر الوسطي في المجموعات الحراجية المركبة والمختلطة لكل نوع خشبي أو لكل طابق، يحدد القطر الوسطي من المجموعات الحراجية المختلفة الأعمار لكل الأجيال، والتي احتياطها ليس أقل من 20٪ من الاحتياطي العام للمجموعة الحراجية.

1-11- الاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية Wood (Log) Volume (Stuck):

بعد أن حددنا التركيب، العمر، البانيتيت وملوءة المجموعات الحراجية المقيمة، ننتقل إلى تحديد كمية الخشب العامة للمجموعة الحراجية في وحدة المساحة (1هكتار) أو إلى تحديد الاحتياطي الخشبي للمجموعة الحراجية، حيث يمكن تحديد الاحتياطي الخشبي بأساليب مختلفة. عند البحوث القياسية الدقيقة يحدد الاحتياطي الخشبي وفق **الأشجار الموديل** بصورة خاصة. في العملي الواسع وبشكل خاص عند تخصيص قطاع من الغابة يستخدم على الأغلب أسلوب القياس الإحصائي لإيجاد الاحتياطي الخشبي للمجموعة الحراجية باستخدام **الجداول الكتلية** والسرتيمنتية. تدون في هذه الجداول حجوم الأشجار مختلفة الأقطار. بضرب الحجم المدون بعدد الأشجار في صف الأقطار المقابل والمحدد لدى الجرد ومن ثم نجمع نتائج الضرب فنحصل على الاحتياطي الخشبي العام للمجموعة الحراجية.

يمكن أيضاً تحديد الاحتياطي الخشبي للمجموعة الشجرية حسب أسلوب **المساحات التجريبية** المستخدم عند الجرد الجزئي للأشجار. الاحتياطي المحسوب وفق المساحة التجريبية يضرب بنسبة مساحة القطاع المقيم إلى مساحة العينة (المساحة التجريبية) فنحصل على الاحتياطي العام.

لدى تقييم أراض غابية كبيرة جداً غالباً ما يكون الحساب الجزئي للأشجار مع الاستخدام اللاحق للجداول الحجمية والسرتيمنتية صعباً، في هذه الحالة تستخدم أساليب **التقييم أو القياس بالنظر.** التي تسمح بإيجاد الاحتياطي بدون جرد الأشجار.

تتطلب معرفة الاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية بدون جرد الأشجار تجربة وخبرة كبيرة، تنطبع في ذاكرة المقيم الذي يؤسس مساحات تجريبية كثيرة والذي يحدد الاحتياطي الخشبي حسب الموديلات والجداول الكتلية، المجموعات الحراجية النموذجية التي تقارن بها الأجزاء الغابية التي تخضع للتقييم. لذلك يمكنه تحديد الاحتياطي، الملوءة والدلائل القياسية الأخرى للمجموعات الحراجية المعاينة بالنظر. غير أن دقة النتائج عند التقييم بالنظر حتى عند أكثر المقيمين تجربة تتأرجح في حدود ±10٪.

عند التقييم بالنظر تستخدم جداول سير نمو المجموعات الحراجية كوثيقة إضافية أو مساعدة لتحديد الاحتياطي للمجموعة الحراجية.

بمعرفة الارتفاع الوسطي وملوءة المجموعة الحراجية يمكن بمساعدة المعادلة إيجاد مخزونها الخشبي.

تعتمد المعادلات المستعملة للتحديد التقريبي للاحتياطي الخشبي على المعادلات الأساسية لاحتياطي المجموعة الحراجية:

$$M = \sum G.\square.f \qquad (151)$$

حاصل جداء مجموع مساحات مقاطع الأشجار (بالأمتار المربعة) بمعدل الشكل ∑G.f هو مقدار تقريباً ثابت. للصنوبر والزان يتغير في حدود من 14–18، وفي المتوسط يساوي 16، للشوح والتنوب 16–22، وفي المتوسط يساوي 18. طبقاً لذلك احتياطي المجموعة الحراجية الطبيعية M سيساوي للصنوبر والزان 16H، للشوح والتنوب 18H، بإدخال عامل إضافي في هذه المعادلة، ملوءة المجموعة الحراجية P، يمكن إيجاد احتياطي المجموعات الحراجية التي تملك ملوءة مختلفة. إذا بدلنا حاصل جداء ∑Gf بالحرف O فنحصل على معادلة لتحديد احتياطي كل الأنواع:

$$M = O.\square.p \qquad (152)$$

غير أن الفحص التجريبي أظهر بأن المقدار O في المجموعات الحراجية المختلفة الإنتاجية ليس واحداً. في العالية الإنتاجية هو أكبر من الرقم المشار إليه، لذلك في المجموعات الحراجية العالية الإنتاجية المعادلة الواردة تنقص الاحتياطي. أما في المتدنية – فتزيده. أفضل نتيجة تتوافق مع المجموعات الحراجية ذات الإنتاجية المتوسطة. بهذا الشكل المعادلات المستعرضة تعطي احتياطات خشبية تقريبية للمجموعات الحراجية المقيمة.

درس البروفسور تريتياكاف بتفصيل أكبر علاقة احتياطيات المجموعة الشجرية بمجموع مساحات المقاطع، معدلات الشكل، والارتفاع ∑Ghf. أعد بشكل رياضي قيم عددية لجداول كثيرة حول سير نمو المجموعات الحراجية، وقد اقترح المعادلات التالية لتحديد احتياطي المجموعات الحراجية:

(153)	5(h-2)p،M = 17	للصنوبر
(154)	3(h-6)p،M = 23	للتنوب
(155)	5(h-6)p،M = 17	للبتولا
(156)	5(h-7)p،M = 22	للحور الرجراج
(157)	M = 20(h-6)p	للسنديان، الأولم والقيقب
(158)	M = 30(h-8)p	للتيليا

هو أصاغ كل هذه المعادلات في معادلة واحدة:

$$M = O(\square - a)P \qquad (159)$$

معامل التصحيح الثابت a الذي يصحح الارتفاع h الذي يتناقص من المجموعات الحراجية العالية الإنتاجية إلى المنخفضة. تؤثر صفوف الإنتاجية المتدنية بشكل أكثر معنوية على مقدار الاحتياطي في المجموعات الحراجية. لذلك عند استخدام معادلات تريتياكاف يستثنى الخطأ عند تحديد الاحتياطيات الذي تعطيه المعادلة M=Ohp.

إن عيب هذه المعادلات يكمن في طولها وصعوبة حسابها. مثال: لتحديد احتياطي المجموعات الحراجية التنوبية التي تملك ارتفاع 27م وملوءة 0،7 يجب طرح 6 من 27، العدد الحاصل 21 يضرب في 3،23 والجداء 490 يضرب بـــ 0،7، إجراء كل هذه العمليات في الذاكرة تقريباً غير ممكن، لذلك المقيم عادةً لا يستخدم هذه المعادلات.

على أساس تحليل المعلومات التجريبية الكبيرة تسنى للعالم أنوتشين استنتاج معادلات بسيطة لحد ما، تسمح بتحديد احتياطي المجموعات الحراجية بدقة كافية. لدى استنتاج هذه المعادلات قسمت الأنواع الخشبية الأساسية إلى مجموعتين: في الأولى: دخل الصنوبر، اللاركس، البتولا، الحور الرومي، والتيليا، أما التنوب والشوح، الأرز، الزان، السنديان، الأولم، الدردار فتشكل المجموعة الثانية للأنواع الخشبية.

معدل الشكل عند الأنواع الخشبية في المجموعة الأولى يساوي: $f = 0{،}40 + \frac{1{،}20}{h}$

أما في المجموعة الثانية: $f = 0{،}42 + \frac{1{،}26}{h}$

طبقاً لهذه المعادلات نتجت المعادلات التالية التي تحدد احتياطي المجموعات الحراجية لمجموعتين من الأنواع الخشبية المشار إليهما:

$$M_I = \left(0{،}40 + \frac{1{،}20}{h}\right)\sum g = \left(1{،}20 + 0{،}40\right)\sum g \qquad (160)$$

$$M_{II} = \left(0{،}42 + \frac{1{،}26}{h}\right)\sum g = \left(1{،}26 + 0{،}42\right)\sum g \qquad (161)$$

نرمز للثابت العددي للتابع h من خلال k عندها تأخذ المعادلات الشكل التالي:

$$M = (3k + k)\sum g \qquad (162)$$

العبارة (3k+kh) المحصورة بين قوسين تعتبر الارتفاع الشكلي للمجموعة الحراجية. عند أنواع المجموعة الأولى، حيث الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية يساوي 22م، الارتفاع الشكلي (3k+kh) سيساوي: (3×0،40+0،10m= (22×40. في هذه الحالة تم تبسيط تحديد الاحتياطي للغابة. احتياطي المجموعة الحراجية التي تملك ارتفاع متوسط 22م يساوي.

$$M_I^{22} = 10\sum g \qquad (163)$$

يتم إيجاد مجموع مساحات المقاطع العرضية $\sum g$ بمساعدة المسدد القياسي (الموشور). بمضاعفة النتيجة الحاصلة لـ 10 مرات نحصل على احتياطي المجموعة الحراجية.

أظهرت الأبحاث بأن الارتفاع الشكلي يملك علاقة خطية مع الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية، حيث لوحظ أن الارتفاع الشكلي يزداد إلى 0،40 مع كل زيادة متر في الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية.

نظراً لهذا نرمز لارتفاع المجموعات الحراجية بـ h_d أما اختلافه عن الارتفاع المحدد 22م – بـ Δh حيث : $\Delta h = h_d - 22$.

طبقاً لهذه الشروط نحصل على المعادلة البسيطة التالية التي تحدد احتياطي المجموعات الحراجية للأنواع الخشبية في المجموعة الأولى:

$$M_I = 10\sum g \pm 0{،}4\Delta h\sum g \qquad (164)$$

هذه المعادلة يمكن إعطاءها الشكل التالي:

$$M_I = 10\sum g \pm 0{،}4\sum g\,(h_d - 22) \qquad (165)$$

نوضح استخدام هذه المعادلة بالأمثلة: لنفرض أن ارتفاع المجموعة الحراجية المقيمة h_d يساوي 25م، أما مجموع مساحات المقاطع ($\sum g = 30$ م^2) في هذه الحالة احتياطي المجموعة الحراجية يساوي:

$$M_I = 10 \times 30 + 0{،}4 \times 30(25 - 22) = 336\ m^3$$

لنفرض أن الارتفاع الوسطي للمجموعة الحراجية =20م ، أما مجموع مساحات المقاطع= 25م^2. في هذه الحالة احتياطي المجموعة الحراجية يساوي.

$$M_I = 10 \times 25 + 0{،}4 \times 25(20 - 22) = 230\ m^3$$

عند الأنواع الخشبية التي تنتمي إلى المجموعة الثانية، الارتفاع الشكلي قريب إلى 10 م يكون في تلك الحالة عندما المجموعة الحراجية تملك ارتفاعاً وسطياً بشكل تقريبي يساوي 21م. في هذه الحالة الاحتياطي سيكون قريباً إلى:

$$M_{II}^{21} = 10\sum g$$

تستخدم هذه المعادلة أيضاً كما في الحالة الأولى. ينحصر الفرق فقط في أن الارتفاع الوسطي للمجموعات الحراجية 21م يعتبر الارتفاع الأساسي الذي لا يتطلب في الحسابات تصحيحات معينة.

لحساب احتياطي كلا المجموعتين للأنواع الخشبية هذه المعادلة يمكن ان تعطى الشكل العام التالي:

$$M = 10\sum g + 0{،}4\sum g\,(h_d - h_b) \qquad (166)$$

في هذه المعادلة h_b يعني الارتفاع الأساسي للمجموعة الحراجية، للمجموعة الأولى يساوي 22م، لأنواع المجموعة الثانية – 21م، كل المقادير المتبقية معلومة من العرض السابق.

تعطي الأمثلة المدروسة الدليل بأن تحديد الاحتياطي حسب المعادلات المقترحة بسيط للغاية، لا يتطلب حسابات طويلة ويمكن أن تنجز بالحساب الشفوي.

بهدف تبسيط حل المسألة الخاصة بتحديد احتياطي المجموعة الحراجية وتطبيقاً للمعادلات المدروسة أعد أنوتشين مخططاً بيانياً خاصاً، اعتمد في تشكيله على الحسابات التالية:

$$M = (k\square + 3k)\sum g \qquad (167)$$

بتحويل هذه المعادلة إلى معادلة لوغاريتمية وتقسيم طرفيها بالتساوي نحصل على المعادلة اللوغاريتمية التالية:

$$0{,}5 \log M = \frac{\log(kh+3k)+\log\sum g}{2} \qquad (168)$$

يرمز لـ 0,5 log M بـ L، ولـ log(3K+Kh) بـ a ولـ log ∑g بـ b. بإدخال هذه المتغيرات المساعدة، تبسط المعادلة للغاية وتأخذ الشكل التالي:

$$L = \frac{a+b}{2}$$

المقادير a،b تؤخذ كخطين متوازيين للمعين المنحرف. في هذه الحالة L تحدد خط الوسط للمربع المنحرف.

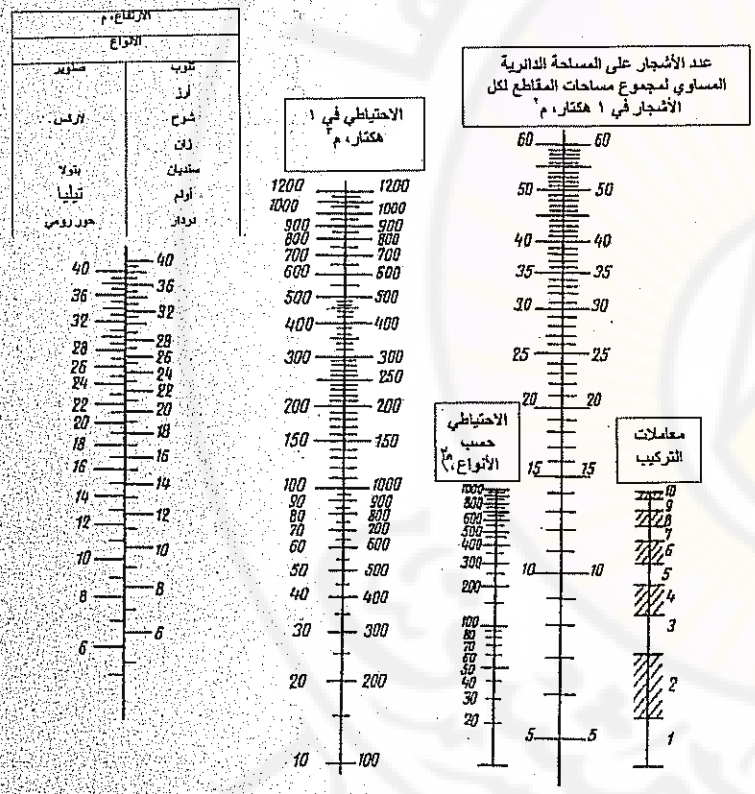
تطبيقاً لخواص الضلعين المتوازيين للمعين المنحرف نبني المخطط البياني. بإعطاء قيم مختلفة للمتغيرات المساعدة ونقلها إلى الأضلاع المتوازية للمعين المنحرف والخط الوسطي، تتشكل في نهاية الحساب مجموعة تدريجات لوغاريتمية. طالما أننا قسمنا الأنواع الخشبية الهامة إلى مجموعتين، لذلك يوجد تدريجتين للضلعين المتوازيين للمعين المنحرف، وهذا ما نوضحه في الشكل (62).

تحديد الاحتياطي في 1 هكتار للمجموعة الحراجية حسب المخطط البياني الناتج بسيط للغاية.

لنفترض بأننا نقيم مجموعة حراجية، يسيطر في تركيبها الصنوبر. الارتفاع الوسطي لها يساوي 22م، أما مجموع مساحات المقاطع الموجود بمساعدة المسدد القياسي 25م^2. نضع المسطرة بالعرض على المخطط البياني بحيث يكون طرفها اليساري في تماس مع الارتفاع 22م. وطرفها اليميني مع مجموع مساحات المقاطع المقابل للتدريجة 25م^2. في هذه الحالة القسم الوسطي

للمسطرة يتقاطع والخط الوسطي مع التدريجة 250 التي تشير إلى أن احتياطي المجموعة الحراجية المقيمة في 1 هكتار يساوي 250 م^3.

في الزاوية اليمنى السفلى للمخطط البياني يوجد تدريجتين إضافيتين. تستخدمان لتحديد معاملات تركيب المجموعة الحراجية والتي سنوضح استخدامها بالمثال التالي:



الشكل 62. مخطط بياني لتحديد تركيبة واحتياطي المجموعة الشجرية وفق الارتفاع ومجموع مساحات المقاطع العرضية في 1 هكتار.

لنفرض أن الاحتياطي العام للمجموعة الحراجية في 1هـ يساوي 250م^3. تشكل حصة النوع الأساسي فيه 200م^3. نضع المسطرة على المدرجة السفلية بحيث ينقاطع طرفها مع التدريجة المركزية من الأسفل عند التدريجة 250، أما على المدرجة اليمينية التي تحمل تسمية – (الاحتياطي حسب الأنواع، م^3)– التدريجة 200. مع المحافظة على هذه الشروط على طرف المدرجة اليمنى المسماة من الأعلى (معاملات التركيب) يقع طرف المسطرة اليميني الذي يتطابق مع الرقم 8. هذا الرقم يشير إلى أنه في هذه المجوعة الحراجية حصة الصنوبر تشكل 8،0 من الاحتياطي العام.

يمكن تحديد احتياطي المجموعات الحراجية بواسطة الرسم التخطيطي الموضح بدقة عالية. لذلك ينصح به للاستخدام الواسع في العملي عند تحديد الاحتياطيات الخشبية.

تدخل في الاحتياطي الخشبي العام ليس فقط الأشجار الضخمة التي تمثل من وجهة النظر الاستثمارية أكبر قيمة إنتاجية بل الأشجار الصغيرة التي لا تتعرض للقطع. عند تحديد احتياطات الخشب التجاري يشار عادة إلى كتلة الخشب في المجموعات الحراجية الناضجة وما قبل النضج. الاحتياطي الخشبي في المجموعات الحراجية الفتية على الأغلب ليس له قيمة تجارية.

ذلك الجزء من الاحتياطي الخشبي الذي بمقاييسه ونوعيته يصلح لتصنيع منتجات الاقتصاد الوطني يسمى **بالاحتياطي الاستثماري Consumption Volume**.

أثناء عملية القطع والتجزيء اللاحق للأشجار المقطوعة لا بد من فضلات على شكل أرومات، قمم نامية وأجزاء الساق المصابة بالفطور والتعفنات، عدا ذلك لإنشاء الغابة التالي تترك على الأجزاء المقطوعة أشجار كبيرة– أمهات بذرية وأحياناً باقات من الأشجار الأمهات الضخمة، على المنحدرات الشديدة الانحدار وقمم الجبال يترك جزء الغابة صعب المنال للاستثمار، لذلك لدى الحسابات وتحديد ناتج المنتجات الغابية الجاهزة يجب طرح الحجم الذي يذهب إلى فضلات، الأمهات البذرية والباقات البذرية من الاحتياطي الخشبي الاستثماري.

لا تدخل في الاحتياطي الاستثماري وبشكل خاص في غابات الشمال وخاصة غابات سيبيريا، المجموعات الحراجية التي تملك احتياطي أقل من 30م^3 في 1هكتار. كذلك تلك الأنواع الخشبية التي قطعها محظور مراعين في ذلك قيمتها الخاصة (الصنوبر السيبيري، الجوز، وشجرة

Phellodendron وغيرها)، الجزء المتبقي من الاحتياطي الاستثماري بعد طرح ما ذكر يسمى **الاحتياطي المحول (التحويلي) Rounded Volume أو الاحتياطي المفعل.**

إن مجموع الاحتياطي الخشبي للمجموعات الحراجية بسيادة نوع خشبي معين لا يمكن اعتباره قريباً إلى احتياطي هذا النوع في كل الغابة. في عملي القياسات نقوم بتمييز الاحتياطات الخشبية حسب الأنواع المسمى **الجرد حسب الأنواع المكونة أو النقية.** في تلك القطاعات حيث يسود النوع النقي يجب استثناء الخلائط من الاحتياطي العام وإضافة احتياطي هذا النوع لتلك القطاعات حيث يصادف بشكل مختلط، إلى النتيجة التي يتم الحصول عليها.

بهذه الصورة تمايز الاحتياطات الخشبية حسب الأنواع المكونة أو النقية يؤدي إلى التالي: بعد الاطلاع على الوصف التقييمي يتم اختيار كل القطاعات التي يصادف في تركيبها هذا النوع. الاحتياطات العامة للقطاعات تضرب بمعامل تركيبة المجموعة الحراجية الذي يؤخذ في الأجزاء العشرية للواحد. يعطي ناتج حاصل الضرب الاحتياطي الخشبي العام لهذا النوع. نقوم بحسابات مماثلة لكل الأنواع في نهاية الحساب يبدو احتياطي كل المساحة الغابية الكبيرة موزعاً حسب الأنواع المستقلة.

إذا كان نوع ما يصادف في تركيب المجموعة الحراجية بشكل فريد أو مشار إليه بإشارة زائد فلا يدخل احتياطي هذا النوع في الحساب.

تقسيم الاحتياطات الخشبية حسب الأنواع النقية هام جداً نظراً لأن التخطيط الصحيح للمنتجات الغابية الصناعية يتطلب تصنيف سرتيمنتي دقيق للغابة يعتمد بالدرجة الأولى على جرد الأنواع الخشبية المستقلة.

عند تقسيم الاحتياطي العام حسب الأنواع النقية ينصح باستخدام معطيات التقييم الإحصائي بشكل أوسع، الناتجة عن تعيين المساحات التجريبية، تخصيص الأجزاء المخصصة للقطع والأشكال الأخرى من الأعمال. في هذه الحالة من الممكن حساب احتياطيات الأنواع الخشبية التي تدخل في تركيب المجموعة الحراجية بحصة أقل من 1،0 من الاحتياطي العام. تقسيم الاحتياطي ضروري حسب الأنواع النقية في الغابات التي تملك أنواعاً ورقية قاسية قيمة.

12-1 صفوف القدرة الإنتاجية على التسويق للمجموعات الحراجية

Stand marketing capability class:

نوعية المجموعات الحراجية التي تنمو على ترب ذات إنتاجية واحدة يمكن أن تكون مختلفة: فمع المجموعات الحراجية السليمة التي تنمو بشكل طبيعي يمكن أن يصادف أيضاً أشجار معوجة بشكل مفرط، مصابة بالأمراض الفطرية، وفيها عيوب مختلفة. عند تصنيف هذه المجموعات الشجرية ناتج المنتجات التسويقية يكون غير متماثل.

في عملي القياسات حتى عام 1933، الحالة النوعية للغابات وصفت بحسن نوعية المجموعات الحراجية. حيث كان قد وضع خمسة صفوف لحسن النوعية:

1- الصف الأول: تنتمي إليه المجموعات الحراجية ذات الملوءة 0،9-1.

2- الصف الثاني: تنتمي إليه المجموعات الحراجية ذات الملوءة 0،7 – 0،8.

3- الصف الثالث تنتمي إليه المجموعات الحراجية ذات الملوءة 0،5 – 0،6.

4- الصف الرابع: تنتمي إليه المجموعات الحراجية ذات الملوءة 0،3 – 0،4.

5- الصف الخامس: تنتمي إليه المجموعات الحراجية ذات الملوءة 0،1 – 0،2.

إذا وجد في المجموعة الحراجية عيب خشبي ما، يخفض صف النوعية المحدد حسب الملوءة تبعاً لدرجة تطور وانتشار العيب – لوحدة أو وحدتين.

بهذا الشكل لتحديد صف حسن النوعية الذي يجب أن يعكس حالة المجموعة الحراجية استخدم مؤشرين: الملوءة وعيب المجموعة الحراجية.

تصنيف المجموعات الحراجية حسب هذين المؤشرين اللذين لا يرتبطان ببعضهما بعضاً أدى إلى أنه في بعض الحالات، المجموعات الشجرية المكونة من أشجار عالية النوعية، نتيجة الملوءة المنخفضة أو مجموعة حراجية عالية الملوءة بسبب ارتفاع نسبة الإصابات فيها نسبت إلى صف حسن نوعية أقل.

لم يعكس صف حسن النوعية بهذه الصورة الحالة النوعية للمجموعة الحراجية لذلك بدل تصنيف المجموعات الحراجية حسب صفوف حسن النوعية بالتصنيف حسب النوعية.

أصبحت كل المجموعات الحراجية تقسم إلى خمسة صفوف نوعية حيث كانت نسبة الإصابة (العيوب) في المجموعات الحراجية هي الأساس في التقسيم.

غير أن دراسة عيوب الخشب أظهرت بأنها تكون متنوعة جداً وعدا ذلك تؤثر بشكل مختلف على الناتج العام ونوعية المنتجات. مثل هذه العيوب كالتعفن في عدد من الحالات تستبعد إمكانية استخدام جزء الساق المصاب لتصنيع السرتيمنت العملي. الفروع الثانوية (العقد) ذات القياسات المحدودة، التقوس أو الانحناء، بنية شكل الساق غير الصحيحة يمكن بدورها أن تخفض من نوعية الخشب لحد ما، لكن لا تستبعد إمكانية استخدامه في نماذج محددة من الصناعات الخشبية.

لم يحصل تقسيم المجموعات إلى صفوف النوعية حسب نسبة الإصابة (العيب) في الظروف الإنتاجية على انتشار واسع.

في الأعوام الأخيرة اقترح تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف القدرة الإنتاجية على التسويق تبعاً لناتج الخشب العملي (الصناعي).

هذا التصنيف للمجموعات الحراجية إلى مجموعات نوعية أيضاً لا يمكن الاعتراف به ملائماً للعملي. لدى الوصف النوعي للمجموعة الحراجية يجب قبل كل شيء توضيح الأسباب الذي سببت هذه أو تلك النوعية للمجموعة الحراجية. تعد هذه الأسباب شرط وجود أو غياب هذه أو تلك العيوب للخشب. بعد ذلك يجب حساب تأثير العيوب على ناتج الخشب الصناعي، لذلك قسمت المجموعات الحراجية إلى صفوف قابلية التسويق حسب المؤشرات الخاصة بكل صف، وبعد معرفة صف قابلية التسويق يتم تحديد ناتج الخشب الصناعي.

لابد من الإشارة إلى انه عند تحديد ناتج الخشب العملي تحديد صفوف القدرة الإنتاجية على التسويق يفقد أهميته بذاته سيما وأنه عند التقييم بالنظر تحديد ناتج الخشب العملي بدون قطع الموديلات صعب جداً.

بدراسة كل هذا اقترح أنوتشين تقسيم المجموعات الحراجية إلى صفوف القدرة الإنتاجية على التسويق حسب نسبة الأشجار الصناعية والحطبية فيها. في المجموعات الحراجية الصنوبرية تنتمي إلى صف القدرة الإنتاجية على التسويق I المجموعات الحراجية التي فيها نسبة الأشجار العملية تشكل ليس أقل من 96٪، وإلى الصف II – 86-95٪، وإلى الصف III – 85٪ وأقل. في المجموعات الحراجية البتولية بالمقابل ليس أقل من 81٪ (I)، من 51-80٪ (II) وأقل من 50٪ إلى الصف (III).

هذه الحدود لصفوف القدرة الإنتاجية على التسويق والمحددة بنسبة الأشجار الصناعية تعتبر اصطناعية ويمكن تغييرها.

تتلخص ميزة التصنيف المدروس بأنه وضع في أساسها تقسيم الأشجار إلى صناعية وحطبية الذي يعكس تأثير كل عيوب الخشب. حيث أن العيوب التي تخفض بشكل قوي من نوعية الخشب تسبب تحويل الشجرة من صف الأشجار العملية إلى الحطب.

تقسيم الأشجار إلى صناعية وحطبية عند التقييم بالنظر للغابة يتم عن طريق حساب عدد السوق من هذه أو تلك الفئة في الحدائق أو المجموعات الغابية المستقلة. إذا وجد في المجموعات الحراجية الصنوبرية المقيمة أنه يوجد في المجموعات التي فيها 10–20 شجرة أن حصة أشجار الحطب من 1–2 شجرة فإنه بالنظر إلى عدد من هذه المجموعات يمكن استنتاج المتوسط الحسابي لعدد أشجار الحطب بدون جهد خاص. في هذه الحالة الجزء الأكبر من الأشجار المخروطية ينتمي إلى صف قابلية التسويق الأول (الصف البضائعي أو التجاري الأول).

1-13 نماذج (طرز) الغابة Forest Type:

عند تقييم المنظر الطبيعي الغابي متنوع الأشكال (الموزاييك الغابي)، يقسم إلى قطاعات غابية كثيرة متشابهة نسبياً وتملك في داخلها تلك الاختلافات أو غيرها عن المجاورة. لكي يتم تخطيط التدابير الحراجية في الغابة تخضع القطاعات المخصصة العديدة إلى التوزيع إلى مجموعات أو صفوف متشابهة والتي تشكل حسب تشابه واختلاف مجموعة كاملة من المؤشرات.

تسمى عملية تقسيم أعداد كبيرة من المواد إلى مجموعات أو صفوف متشابهة في العلم والتقنية بالتصنيف. وهي ضرورية في كل مجالات المعرفة. تبدو المواد المدروسة الكثيرة غير المحصية بدون تصنيفها غير منظمة. توجد حالة مماثلة عند تقييم الغابة. تبدو الأجزاء المعزولة في الغابة كثيرة العدد، وصفاتها القياسية مختلفة جداً. وبدون تقسيم القطاعات المناسب إلى مجموعات حسب المؤشرات المتشابهة سيكون من الصعب استحواذ (أخذ انطباع عن) المزايا الأساسية للمساحات الغابية المقيمة.

التصنيف الموضوع بشكل صحيح للقطاعات المخصصة في الغابة سيؤدي إلى تنظيمها. هنا يجب مراعاة بأنه في أي شان التصنيف الموضوع بشكل جيد في تعريفه عن المواد والظواهر يُدخل النظام الذي يُسهّل إظهار وحدة الروابط الداخلية بين المواد.

إذا كان التصنيف يعكس القوانين الموضوعية للطبيعة ذاتها وتقع في أساسه مؤشرات ملموسة محددة، فيعتبر طبيعياً. يعتبر تقسيم التضاريس الغابية المتعددة الأشكال إلى مجموعات حراجية واحدة من أشكال التصنيفات الطبيعية للنباتات المستقلة وتحمل اسم **نماذج الغابة.**

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وعند تقييم الأراضي الغابية الشمالية الواسعة تم تقسيم الغابة إلى قطاعات متماثلة حراجياً بالاستناد إلى اختلافات الظروف الطبيعية.

بنتيجة المشاهدات الطويلة أثبتت بأن العوامل الأساسية المؤثرة على نمو ونوعية الغابة تعتبر **رطوبة التربة وتضاريس المكان.** تبعاً لهذه العوامل المساحات الغابية التي اتسمت بسيادة أنواع خشبية مستقلة قسمت إلى فئات سميت فيما بعد **بنماذج المجموعات الحراجية.**

التسميات التي أعطيت لنماذج المجموعات الحراجية كانت قد اقتبست من السكان الذين يعيشون في المناطق الغابية مثال: كان معروفاً للسكان المحليين الذين عملوا في الغابة بان الجذوع المعدة للنشر وأعمدة البناء يمكن تحضيرها من أشجار التنوب التي تنمو في الأماكن العالية نوعاً ما على ترب جيدة الصرف. مثل هذه الأماكن كانت تسمى بنموذج (تل أو مرتفع).

المجموعات الحراجية التنوبية النامية في المنخفضات والأماكن التي تغمرها مياه الفيضانات تملك إنتاجية أخفض ونوعية خشب أسوأ– نموذج (منخفض)، المجموعات الحراجية التنوبية التي تشغل الأماكن المستوية الرطبة– نموذج (سهل).

لعب استخدام هذا التصنيف المبسط في العملي في وقته دوراً إيجابياً كما عند تقييم الغابة وكذلك لدى التخطيط اللاحق للتدابير الحراجية.

يعود التطور العملي الأكثر عمقاً لنظرية نماذج المجموعات الحراجية لعالم الغابات البروفيسور ماروزاف K.F. marouzaf.

سمى ماروزاف [21] كما سابقيه أيضا النموذج (جملة المجموعات الحراجية التي يمكن جمعها في مجموعة واسعة واحدة لها نفس ظروف موقع النمو أو ظروف التربة). وقد أشار بان تلك الاختلافات فقط في ظروف التربة، التي تجر وراءها تجدداً آخر للمجموعات الحراجية مسببة بذلك تخصيص أسلوب آخر للقطع وتكسب أهمية المرحلة التي سوغت عزل أو تخصيص جملة المجموعات الحراجية في نموذج خاص.

ربط البروفيسور ماروزاف عزل نماذج المجموعات الحراجية مع متطلبات العملي وأشار نتيجة لذلك: (عندما يكون الاختلاف في سير نمو المجموعات الحراجية كبيراً بالشكل الذي يسبب استخدام دورة قطع أخرى، فإن المجموعات الحراجية يجب أن تفصل في نماذج خاصة).

من هذه المقتطفات القصيرة يمكن استنتاج بأنه عند تقسيم الغابة إلى نماذج المجموعات الحراجية أعطى البروفيسور ماروزاف الأهمية الحاسمة لظروف التربة، ولكنه مع ذلك اعتبر أنه من الضروري دراسة العوامل التي تسبب تجدد مختلف للغابة واختلاف في ديناميكية تطور أو سير نمو المجموعات الحراجية.

عند تقسيم الغابة إلى نماذج، عدا المجموعة الشجرية ذاتها تدرس عادةً طبيعة الطوابق السفلية للنباتات، المكونة من النموات الخشبية، الشجيرات، الأعشاب، الطحالب والأشنيات. تسمى النباتات العشبية، الطحلبية والإشنية التي تغطي التربة الغابية غطاء التربة.

يعتبر غطاء التربة واحداً من أهم المؤشرات المميزة لظروف موقع النمو. عدا ذلك يتعلق نجاح تجدد الغابة لدرجة كبيرة بسماكة وطبيعة غطاء التربة. لذلك لابد عند الأعمال التقييمية من إعطاء وصف عام لغطاء التربة، مشيرين فيه إلى أكثر النباتات السائدة المميزة.

دراسة غطاء التربة تظهر بأن نباتات كثيرة تصادف فقط في ظروف محددة للوسط. مثال: الاشنيات تدل على تواجد ترب رملية جافة.

يصف غطاء التربة المجموعة الشجرية (صف البانيتيت) الخاص بها، وملوءتها، مثال: توفر الـ *Oxalis* في غطاء التربة لمجموعات التوب يعتبر مؤشراً للبانيتيت I، الغطاء الـ *Sphagnosa* في المجموعات الصنوبرية– مؤشر البانيتيت V ....إلخ.

في المجموعات الحراجية عالية الملوءة، غطاء التربة نادر جداً أو غير موجود، في المجموعات الحراجية المتوسطة الملوءة في الظروف الملائمة لموقع النمو، يعتبر الغطاء المميز *Vaccinium* وغيرها. في غطاء التربة للمجموعات الحراجية المنخفضة الملوءة تصادف نباتات محبة للضوء: مثل *Poa- Calamagrostis* وغيرها.

لكن يجب الأخذ بالحسبان أنه عند قطع الغابة يتغير غطاء التربة: النباتات المحبة للظل مثل *Oxalis*،*Asarum* وغيرها تُبدل بنباتات محبة للضوء.

اقترح البروفيسور باكربنياك Packrebniak تصنيف نماذج الغابة تبعاً لعاملين أساسيين: خصوبة ورطوبة التربة، هو قسم الترب حسب درجة خصوبتها إلى أربع مجموعات:

1– فقيرة: (A). 2– فقيرة نسبياً: (B). 3– غنية: (C). 4– غنية جداً (D).

أما حسب الرطوبة قسمها إلى ستة درجات:

0– جافة للغاية. 1– جافة. 2– شبه رطبة. 3– رطبة. 4– رطبة جداً. 5– مستنقعية (غدقة).

طبقاً لهذا التصنيف يمكن مصادفة (24) احتمال لدرجات خصوبة ورطوبة التربة، التي تحدد (24) نموذجاً للغابة، لكل منها رمزها الخاص. مثال: القطاعات الغابية ذات الترب الفقيرة، ولكن رطوبتها قريبة إلى المثالية (التربة الطرية) يرمز لها بـ B_2، الغنية نسبياً والرطبة – C_3.

أضاف البروفيسور باكربنياك لتصنيفه رسماً تخطيطياً (للصنوبر والسنديان) يحدد علاقة نماذج الغابة مع صفوف البانيتيت وأشار إلى النباتات المميزة لغطاء التربة في النماذج المختلفة للغابة.

في تقسيم الترب حسب درجات خصوبتها ورطوبتها بما يتوافق مع تصنيف البروفيسور باكربنياك شرطية وبساطة محددة. كما هو معروف بأن رطوبة التربة تتغير خلال السنوات حيث أنها تتعلق بكمية الأمطار الجوية. إذا قيمنا خصوبة التربة حسب محصولها (الزيادة السنوية للخشب) يمكن التأكد من أنه على نفس التربة لدى تنمية أنواع خشبية مختلفة تظهر الخصوبة مختلفة (زيادة نمو متباينة).

بغض النظر عن العيوب، غير أن هذا التصنيف يسهل حل كثير من المسائل الغابية التربوية العملية الهامة المرتبطة بتقييم كفاية النبت الغابي للترب (الكثافة والأنواع)، اختيار الأنواع الخشبية، زراعتها وغرسها.

عند إدارة الغابات يسهل التصنيف للمقيم وصف ظروف النبت الغابي وببسط تسجيل مواصفات التربة وغطاء التربة النباتي في استمارة التقييم.

درس مسائل التصنيف النباتي أيضاً علماء النبات والجغرافيا لدى تقسيم الغابة إلى نماذج وهم لم يدرسوا فقط المجموعات الشجرية ذاتها ولكن الطوابق السفلية للنباتات، المكونة لغطاء التربة وتحت الأشجار.

يبنى التقسيم التصنيفي للغابات مع الأخذ في الاعتبار كل أشكال النباتات على الأراضي المشغولة بالمجموعة الحراجية. تسميات نماذج الغابة التي أطلقها علماء النبات والجغرافيا تتكون

من اسم النوع الخشبي السائد ونوع النبت السائد في غطاء التربة: تنوب- *Oxalis*، صنوبر – *Lishainikoofy* وغيرها.

في غابات الشمال يعد غطاء التربة أفضل مؤشر لظروف التربة وعزلها سهل جداً عند تقييم الغابة. حصل هذا التصنيف على استخدام واسع في غابات التايغا.

أما في غابات السنديان الجنوبية التقسيم إلى نماذج حسب غطاء التربة صعباً لحد ما لأن التركيب النوعي لغطاء التربة يتغير مع السنين عدة مرات.

أشار البروفيسور زاخارافف مؤسس الدراسة حول نماذج الغابة بأن الغابة – ظاهرة جغرافية، هذا يعني بأنه في المناطق المختلفة للبلاد المناظر الغابية الطبيعية (التضاريس الغابية) لها خصائصها، لذلك عند تقسيمها إلى نماذج يتوجب دراسة العامل الإقليمي.

بإعطاء الأهمية الكبرى لغطاء التربة – كعامل يؤثر بشكل قوي على نجاح تجدد الغابة، اقترح البروفيسور I.C.Melihaf [18] تقسيم الأجزاء غير المتجددة المشغولة بالنباتات العشبية – الطحلبية إلى نماذج الأجزاء المقطوعة. حسب معطياته يملك نموذج الغابة ونموذج الجزء المقطوع في ظروف محددة تشابه في غطاء التربة. بالإضافة لذلك لاحظ اختلاف جوهري في التركيب النوعي لغطاء التربة للأجزاء المقطوعة المتأثرة بالحريق وغير المتأثرة بالحريق.

تحدث تغيرات في غطاء التربة في المجموعات الشجرية مختلفة الأعمار، لذلك دفع Melihaf بفكرة النمذجة الديناميكية للغابة.

تستخدم في أوروبا الغربية نماذج الغابات عند اختيار الأنواع الخشبية التي ستخضع للتربية في هذا أو ذاك القطاع الغابي. لذلك يولى الاهتمام الكبير لدراسة التركيب الكيميائي والميكانيكي للترب. مع ذلك تدرس تضاريس الأراضي الغابية. مثال: في ألمانيا عند تقييم الغابات في كل ظروف مواقع النمو المتنوعة للغابات الجبلية تقسم إلى خمسة صفوف:

1. المنحدرات بجانب الأنهار.
2. مواقع على ترب غنية.
3. مواقع على ترب حامضية.
4. مواقع تقع على ارتفاع أعلى من (750م) فوق مستوى سطح البحر.
5. المناطق المملوءة بالمستنقعات.

نستنتج من خلال الاستعراض الموجز لأسس الدراسة حول نماذج الغابة بأنه كانت هناك اتجاهات مختلفة في تطورها.

نصح البروفيسور ماروزاف بتقسيم المساحات الغابية إلى نماذج المجموعات الحراجية حسب الاختلاف في ظروف التربة، ديناميكية نمو المجموعات الحراجية وطبيعة تجددها.

يعطي البروفيسور باكربنياك ومصنفون آخرون الأهمية الحاسمة للتصنيف حسب خصوبة الترب ورطوبتها.

وضع سوكاتشيف، كايادر وغيرهم في أساس تقسيم الغابات إلى طرز تركيب المجموعات الحراجية وغطاء التربة ككاشف (دليل) يصف ظروف موقع نمو الغابة.

توصف النماذج المستقلة للغابة من خلال ما عرض عن التصنيف الغابي بعدد كبير من المؤشرات. هنا يدخل: تركيب المجموعات الحراجية، ديناميكية نموها، بنية المجموعات الحراجية، تركيبة غطاء التربة، تضاريس الأراضي المشغولة بالمجموعات الحراجية، نماذج الترب ودرجة رطوبتها.

أدى التغير الجوهري المميز لكل المؤشرات المذكورة وتأثيرها المختلف إلى تشكيل النموذج المستقل (المنفصل) للغابة، لذلك تجزئة شكل سطح الأراضي الغابية المبرقش (الموزاييكي) إلى نماذج للغابة- مسألة غير سهلة، وهي تتفاقم بمقدار تحسن ظروف النبت الغابي.

على أساس المؤشرات المدروسة أعلاه والتي تستخدم كأساس لتقسيم شكل سطح الأراضي الغابية إلى مجموعات متشابهة تسمى نماذج الغابة، يمكن في المحصلة إعطاء التعريف التالي لمفهوم نموذج الغابة: يجب تسمية نموذج أو طراز الغابة لجملة المجموعات الحراجية التي تملك تشابهاً نسبياً في تركيبة الأنواع الخشبية، ديناميكية نموها وبنيتها، في غطاء التربة، تضاريس الأراضي المشغولة بها، وفي طبيعة التربة ودرجة رطوبتها.

يجب اعتبار التصنيف الذي يدرس العوامل التالية هو المثالي لنماذج الغابة:

أ- تضاريس المكان. ب- غنى التربة. ج- رطوبة التربة. د- التشابه النسبي في غطاء التربة. هـ- التماثل في تركيب الطابق الخشبي الأساسي، صف البانيتيت ومنشأ المجموعة الحراجية.

قام البروفيسور F.K.Nestrof بمحاولة توحيد الاتجاهين الموجودين في التصنيف الغابي. هو أعطى تصنيف نماذج الغابة الذي يعتمد على الأخذ بالحسبان اختلافات التربة، تركيب المجموعات الحراجية وغطاء التربة.

عند تقييم المساحات الغابية من أجل إقرار نماذج الغابة، التي يمكن أن تؤخذ بعين الاعتبار عند تخطيط التدابير الغابية من المناسب استخدام الأسلوب الإحصائي الذي يسمح بشكل موضوعي إظهار درجة انتشار النماذج المستقلة للغابة.

عزل نماذج الغابة الواضحة في الطبيعة يسهل إدارياً حل كثير من المسائل العملية الهامة: 1- اختيار أسلوب التجديد الغابي، 2- نماذج الزراعة الغابية (التشجير الحراجي)، 3- أساليب حماية الغابة من الحرائق، 4- أساليب القطع الرئيسي وقطوع التربية.

يزود نموذج الغابة الوصف التقييمي بالظروف الطبيعية المميزة من جميع النواحي والتي تشترط إنتاجية المجموعات الحراجية وتنمية خشب مختلف النوعية.

14-1 النموات الخشبية وتحت السقف الغابي Seeding and shrubs:

الجيل الفتي للأشجار الذي مع الوقت يصل لارتفاع الطابق العلوي للمجموعات الحراجية، ولكن في هذه المرحلة يملك ارتفاعاً وسطياً يشكل أقل من نصف الارتفاع الوسطي للطابق العلوي للمجموعة الحراجية المقيمة من الشائع تسميته **بالنموات الخشبية.**

أما ما يخص **الشجيرات وتحت الشجيرات:** هي جملة الشجيرات والأنواع الخشبية التي لن تصل الطابق العلوي للمجموعة الحراجية.

عند وضع الوصف التقييمي مع وصف الأشجار الاساسية يجب إعطاء تقييم حراجي للنموات الخشبية. وهو ضروري للاختيار الصحيح لأساليب قطع الغابة، أساليب التجديد التالية للغابة على الأجزاء المخصصة للقطع وإظهار مستقبل الاستخدام الحراجي اللاحق للمساحات المشغولة بهذه المجموعات الحراجية.

من أجل تقييم التجديد الطبيعي وضع سلم خاص.

حساب النموات الخشبية تحت سقف الغابة وعلى الأجزاء المخصصة للقطع يمكن أن يتم بالنظر أو عن طريق تحديد مساحات حسابية.

عند عمر البادرات والنموات الخشبية من (1-5) سنوات يمكن تعيين مساحات حسابية بقياس (1×1) أو (2×2) م. عند العمر (6-10) سنوات بقياس (3×3) حتى (4×4) م. عند العمر (11-15) سنة – ليس أقل من (5×5) م. عدد المساحات الحسابية يمكن أن يكون من (15-20) مساحة حسابية.

يجب حساب كل الغراس والنموات الخشبية وتوزعها حسب الأنواع، العمر، الارتفاع والحالة على المساحات الحسابية.

يحدد عدد الغراس والنموات الخشبية في 1هـ N حسب المعادلة التالية: $N = 10000\frac{n}{s}$

حيث:

n: عدد الغراس والنموات الخشبية في المساحات الحسابية.

s: مساحة المساحات الحسابية م^2.

لكن لنفرض أنه يوجد في الجزء المخصص للقطع أو تحت سقف الغابة نموات خشبية في إحدى الحالات (3000) شجيرة في (1هـ) من السنديان البذري المنشأ، في حالة أخرى (3000) شجيرة من الحور المرتجف الخضري المنشأ المصاب بالعفن. من وجهة النظر الحراجية هذين النوعين لا يمكن اعتبارهما متساويين في القيمة. لذلك عند تقييم التجدد الطبيعي للغابة لابد من دراسة تركيب الأنواع المشكلة للنموات الخشبية.

يحدد عمر النموات الخشبية حسب عدد الفروع السنوية وعن طريق حساب الحلقات السنوية لدى النماذج المقطوعة الإفرادية.

تقسم النموات الخشبية من حيث الحالة إلى: سليمة، موثوق بها والتي يمكن أن تحل محل الغابة القديمة وغير موثوقة – متأخرة في النمو، متعرضة للإصابات المرضية والميكانيكية.

يتم تقييم نجاح التجدد في الغابة وفق الجدول (23) المشكل على أساس حسابات الدكتور فاكين A.F. Fakin.

جدول (23) سلم تقييم النموات الخشبية.

ارتفاع النموات الخشبية (م)	عدد النموات الخشبية بالألف فى 1 هكتار		
	الخفيفة	المتوسطة	الكثيفة
حتى 1	5	10 – 1،5	10
5 – 1،1	3	5 – 1،3	10 – 1،5
5 وأعلى	1	3 – 1،1	5 – 1،3

يوضح السلم أن المؤشر الأساسي الذي يصف سير التجدد الغابي – هو ارتفاع النموات الخشبية حيث يعتبر تحديده أسهل من تحديد العمر.