



Софийски университет

„Свети Климент Охридски”

Биологически факултет

Катедра: ”Екология и опазване на околната среда”

Дипломна работа

Тема:

**Изследване на периодите с понижен растеж
на стъблата при видове от р. *Pinus* L.
чрез дендрохронологичния метод**

Дипломант:

Ани Ивайлова Николова

Фак. № 38869

Научен ръководител:

Доц. д-р Марияна Любенова

София, 2012 г.

Дипломната работа е разработена по проекта „Приложение на информационните технологии за моделиране на горски екосистеми като подход за развитие на динамични глобални модели на растителността” към НФНИ и COST Акция 0805 “The Terrestrial Biosphere in the Earth System (TERRABITES)”

Благодаря на дипломния ми ръководител – доц. М. Любенова и на А. Чикаланов за търпението и оказаното съдействие при обработката и анализа на дендрохронологичните редици!

Съдържание:

1.	Увод.....	3
2.	Цели и задачи.....	5
3.	Литературен обзор.....	6
3.1.	Акценти на дендрохронологичните анализи в чужбина.....	6
3.2.	Акценти на дендрохронологичните анализи в България.....	10
3.3.	Обзор на изследванията на иглолистните видове в страната.....	16
4.	Обект на изследване.....	20
4.1	Обща характеристика на иглолистната растителност.....	20
4.1.1	Орографска характеристика на иглолистните гори.....	22
4.1.2	Климатична характеристика.....	24
4.1.3	Почвена характеристика.....	27
4.2	Локалитети- обект на изследване.....	29
5.	Методи на изследване.....	31
5.1	Прилагане на дендрохронологичния метод.....	31
5.2	Анализ на стресовите периоди с разработената SP-PAM.....	35
5.3	Вземане и измерване на проби.....	36
6.	Резултати и обсъждане.....	38
6.1	Пробовземане и обработка на дендрохронологичните радици от различни лесо-образователни дървесни видове в България.....	38
6.2.	Анализ на стресовите периоди.....	43
7.	Изводи и заключение.....	53
8.	Списък на използваната литература.....	55
9.	Приложения.....	62

1. Увод

Темата на дипломната работа е свързана с актуалността на проблема за мониторинг и опазване на околната среда, който придоби огромна значимост в съвременното развитие на човешкото общество и биосферата.

Измененията, които настъпват в климата и които рефлектират върху нашата планета най-вече върху обитателите ѝ, ни предсказват мрачно и несигурно бъдеще. Най-чувствителни към всякакви видове стресори са живите организми. Тези видове обаче, които не са екологично пластични са обречени на гибел. Всеки ден изчезват около 25 вида (Гарлин 2009), за които знаем, а колко видове изчезват без да подозираме за тях?

Провеждането на целенасочен мониторинг за установяване на тенденциите в изменението на природната среда ще даде възможност за разработването на подходящи сценарии в развитието на измененията и буфериране или предотвратяване на екологичния риск за биологичните системи и околната среда.

Екологичният мониторинг е комплексна система за продължително наблюдение, оценка на състоянието и прогноза за изменението на даден природен обект. Съществена част от него е биомониторинга, който се осъществява чрез изследването на групи организми, отделни организми или части от тях, наречени биомонитори. Те отразяват състоянието на въздуха, водите, почвите и като цяло биосферата, също и последствията от антропогенното въздействие върху околната среда.

Според начина на провеждане биомониторингът се разделя на:

- Пасивен биомониторинг – изследват се организми в естествената им среда.
- Активен биомониторинг – изкуствено се пренасят биомониторите (биотестовите) в контролна (фонова) среда и в антропогенно повлияна среда. Тъй като на практика почти няма антропогенно неповлияна екосистема, то биомониторите могат да бъдат разположени според градиента на антропогенно повлияване. Например на различно разстояние от източника на замърсяване.

В системата на биологичния мониторинг чрез дендрохронологичния метод се решават редица важни въпроси, като възникване и развитие на горските екосистеми, изменения в тяхната структура и състав, прогнозиране на ръста и състоянието им и др. Те също така позволяват да се установи степента и характера на влияние на природните процеси и антропогенните фактори върху горите (Комин 1990).

Дендрохронологията се базира на структурата, химичния състав и размерите на годишните пръстени, които отчетливо фиксират всички изменения, както вътре в екосистемата, така и във външните условия. За разлика от обичайните методи за мониторинг, които се заключват в непосредствено наблюдаване на едни или други въздействия, дендрохронологията позволява да се възстановят множество изменения в горските общества и климатичните условия за периоди от няколко десетилетия и дори столетия.

Дендрохронологичните изследвания дават възможност да бъдат установени периодите с понижен растеж (т.н. стресови периоди) и да бъде установена връзката им с изменението на климата и други фактори на вътрешната и външна среда. По този начин може да бъдат създадени модели за функционирането на изследваните дървета и обществата, които те формират. Чрез тези модели могат да се прогнозират измененията в горските екосистеми - видов състав, плътно разпространение и други. На основата на множество подобни модели може да се разработят сценарии на промените, необходими за планиране и регулиране на антропогенните действия.

В продължение на над 20 г. се работи по създаването на класификации на растителни функционални типове (PFTs), които представляват своеобразни първични модели, отразяващи особеностите на функциониране на растителността и на екосистемите и които участват при построяването на Динамичните Глобални Растителни Модели на растителността (DGVMs) (Smith 1997) и мониторинг на околната среда. Според Лаворел (2007) един от възможните подходи за представянето на комплексността на биосферата в DGVMs е чрез увеличаване на броя на PFT чрез дефинирането на нови такива. Новите PFT трябва да бъдат идентифицирани като важни за специфични екологични функции и съответстващи на различни аспекти на климата.

Актуална задача в областта на съвременното моделиране на растителната покривка на Земята е дефинирането на PFTs, свързани със стресовите периоди при дърветата.

2. Цели и задачи

Целта на настоящата дипломна работа е провеждането на дендрохронологичен анализ на проби от стъблата на р. *Pinus* L. и идентифициране на периодите с понижен прираст, т.е стресовите периоди сравнителен анализ и класифициране на изследваните моделни дървета според особеностите на стресовите им периоди.

За изпълнение на поставената цел бяха набелязани за изпълнение следните основни задачи:

1. Събиране на съществуващите измервания на дендрохронологични проби от р. *Pinus* L.;
2. Избор на пунктове за допълнително пробовземане;
3. Сондиране на дърветата, обработка и измерване на дендрохронологичните редици;
4. Дендрохронологичен анализ и очертаване на стресовите периоди;
5. Запознаване и усвояване на функциите на програмата SPPAM, версия 1.1;
 - Намеране на най-достоверните стресови сечения (интервали от години за отделните локалитети и видове);
 - Сравнителен анализ на стресовите сечения и техните статистически характеристики;
6. Сравнителен анализ на особеностите на стресовите периоди – честота, продължителност и амплитуда с програмата SPPAM, версия 1.1.

3. Литературен обзор

3.1. Акценти на дендрохронологичните анализи в чужбина

Още в годините преди Христа дърветата със своите годишни пръстени са предизвиквали въпроси за науката. Първи Теофраст (370-285г.пр.Хр.), ученик на Аристотел, започва да ги наблюдава с интерес и установява, че за една година всяко дърво оформя по един годишен пръстен.

По време на Ренесанса-1500г., Леонардо да Винчи прави хипотезата, че „годишните пръстени показват броя на годините, и според тяхната дебелина могат да се разпознаят сухите и влажните периоди. По този начин те отразяват отделните светове, към които принадлежат, например в северната част на Италия, те са много по-дебели, отколкото на юг". Така се появяват първите предположения на учените, че годишните кръгове на дърветата могат много да ни разкажат за отминали епохи. През следващите години дендрохронологията се споменава в научните трудове на учени от Франция; Кънектикът; Германия; Великобритания.; Тексас; (Duhamel du Monceau 1737, A.C. Twinning 1827, T. Hartig 1837, C. Babbage 1838, J. Kuechler 1859, R. Hartig 1867)

През 20-ти век вече всички учени отправят поглед към дърветата, като на живите свидетели на историята.

Исторически най-ранното приложение на дендрохронологичния метод е в областта на дендроархеологията и е създаден от американеца Дъглас (1921), който успешно прилага метода при датиране на индиански руини в Западна Аризона. Точно по тази причина първите съвременни изследвания на годишните пръстени на дървесината са направени в САЩ (Blasing and Duvick 1984; Cook and Jacoby 1977; Cook et al 1988; Graumlich 1993; Haston and Michaelsen 1994; Meko 1992; Mitchell et al 1979; Stahle and Cleaveland 1988; Stockton and Meko 1975,1983; Woodhouse and Meko 1997).

Ширината на годишните кръгове в сериите и особеностите на годишно формираната дървесина все повече се използват за оценяване на различни екологични фактори и прогнозиране на влиянието им върху растежа на дърветата, което дава възможност за развитието на много нови клонове на дендрохронологията, освен дендроклиматологията (Frensel 1977; Hugnes et al. 1982; Idaev 1987; Bradley, Jones 1992; Jacoby, Hornbeck 1992; Bartholin et al. 1992 и др.). В областта на екологията най-широко дендрохронологичния метод е използван при дендрохимични изследвания. Особеностите на растежа на дървесните стъбла в последните години се използват за получаване на интегрирана информация за глобални промени в средата (Bradley 1989; Eddy 1992 и др.).

Огромни са приносите на американците за дендрохронологията, които чрез калибриране вкараха светлина в „тъмните години” на историята. Все повече започва да се говори за дендрохронологията и да се прилага методът, с цел мониторинг на горите, като така се дава по-нагледна информация за екологичните проблеми през различните години- Sirugel 1976; Raynurs & Lang 1979; Makkali & Cook 1980; Matsun & Boon 1984; Marchang & Gulet 1984; Marchand 1986; La Marche, Hirschoeck 1984; Schweingruber 1991; Schweingruber and Schoch 1992; Schweingruber 1993, 1995; Funkhouser 1995; Deusen 1996; Kuniholm 1996; Andrew M. Barton, Thomas W. Swetnam and Christopher H. Baisan 2006г; Bebbber, Thomas, Cole and Balsillie 2006; както и много други.

Не е малък и приносът в науката на азиатския континент, които също има заслуги към дендрохронологията на иглолистните. Логично е да се каже, че където има иглолистни гори, то там се правят и съответните калибрации на дендрохронологията. В Азия бореалните гори са разпространени основно в Япония, планинската част на Китай, Монголия, Русия. Съответните изследвания, които са направени в областта са на Suzuki (1990), която прави дендрохронологичен мониторинг в Западен Непал около езерото Пара, като доминантни видове са регистрирани *Abies spectabilis* и *Pinus smithiana wallichiana-Picea*. В Sol Dav –Монголия редица учени- Dapao Yu, Qingli Wang, G. Geoff Wang and Limin Dai Jacoby(1996) проследяват стресовите периоди на дървета от р.*Pinus sibirica*.

В Япония са работили Davi, D'Arrigo, Jacoby, Buckley and Kobayashi 2002, като специално внимание се обръща на дървестните видове от р.*Picea glehnii*. Засилен интерес от страна на японците (Masaki Sano, Fumito Furuta and Tatsuo Sweda 2010) има и в крайбрежната ивица и южната част на полуостров Камчатка, където екип от учени започна да проучва годишните пръстени на иглолистните дървета в областта.

Дендрохронолози (Yuanwen Kuang, Guoyi Zhou and Dazhi Wen 2009), които използват за мониторинг *Pinus massoniana* L. в делтата на река Перла, а малко по-късно през същата година започна проект по проучването на *Picea jezoensis* в субалпийски гори на планината Changbai (Dapao Yu, Qingli Wang, G. Geoff Wang and Limin Dai 2009).

В развитието на дендрохронологията в Европа голяма заслуга имат авторите Eckstein (1972); Baillie (1982); Schweigruher (1983) и др. Ако преди повече от 100г. тези методи са били използвани при изследвания за увреждания, които са причинени от въздушните замърсявания (Stoeckhardt 1871), то в днешни дни все по-често се използват прецизни химични анализи на проводящата система, където се извлича значително по-точна информация (Адаменко и др. 1982; Хими́на и др 1985 ; Alain et al. 1979; Kardeli 1978; Reimer et al 1978; Tout and Gilboy 1977 и др.).

Като цяло дендрохронологията като клон на екологията се развива първоначално в страните от Северна и Централна Европа- Швеция, Русия, Германия и др. Учените в тези страни отбелязват, че вместо да четем книги как да опазим дърветата, по-добре да ги „запита́ме” и те сами ще ни кажат кои фактори им влияят стресиращо и как искат да бъдат третирани.

През 2010г. в Естония бе извършено широко изследване на екологичното състояние на белия бор (*Pinus sylvestris* L.) (Mandre, Aljona Lukjanova, Henn Pärn and Kadri Kõresaar 2010).

С нарастващите проблеми във връзка с климатичните промени все повече се говори за залесяването, дендрохронологията и алтернативи за разрешаването на проблема със затоплянето в Европа.

Учените от Литва и Полша ни запознаха с често настъпващите стресови периоди при видовете от р. *Picea Abies*, като основен стресор се оказаха аномалиите в климата, които са се отразили в годишните кръгове на иглолистните (Marcin Koprowski and Adomas Vitas 2010). В Испания на същата проблематика са посветени дендрохронологичните анализи на *Pinus pinaster*.

На лице и тук е световната тенденция към засушаване и затопляне на климата, което ясно се очертава в годишните пръстени на иглолистните (Vicente Rozas, Ignacio García-González and Rafael Zas 2010). Във връзка с климатичните промени е направен екологичен мониторинг и във Франция (Mélanie Saulnier, Jean-Louis Edouard, Christophe Corona and Frédéric Guibal 2011) чрез дендрохронологични анализи на *Pinus cembra* във Френските Алпи. Като се има предвид повишаване на температурата и намаляване както на летните валежи и на снежната покривка и продължителността на покривката ѝ във френските Алпи, *Pinus cembra* вероятно ще бъдат изложени на стресови условия по време на двадесет и първи век.

В Русия в исторически аспект дендрохронологията започва да се развива през 60-те години на 20 век и това се свързва с имената на В. А. Колчин и Н. Б. Черних (1977, 1996). Техните усилия са били насочени първоначално за датиране на архитектурни паметници, направени от дърво и др., като азиатската част на Русия е по-малко проучена (Shijatov 1980; Shijatov, Hantemirov 2000; Myglan 2005, 2006). При последни изследвания през 2009 е установено, че горски екосистеми в обширни райони от Мурманския регион и Северна Европа са били засегнати от вредни вещества, изпускани през последните 60 години на 20-ти век от Колския полуостров.

На Балканския полуостров, които се оказва, че е оазисът на Европа по отношение на разнообразието от лесообразователни видове, изследванията също не са малко.

Cerdar Carus (2004) изследва *Pinus brutia* в Турция, който е нападнат от боров молец- *Thaumetopoea pityocampa* *Lepidoptera: Thaumetopoeidae* през пролетта на 1998 и заразата е продължила 5 години.

Днес изследванията са многобройни по света и засягат разнообразните клонове на дендрохронологията, появяващи се поради нуждите на практиката за мониторинг, оценка, прогноза и моделиране на процесите в горските екосистеми.

Дендрохронологичните изследвания са неразделна част от горския мониторинг, за установяване на интензивността на техния растеж, както и факторите, които ги характеризират. Това директно реализира ролята на горските съобщества в стабилизиране на околната среда под нарастващия антропогенен натиск (Kaennel and Schweingruber 1995; Latimer et al. 1996; Fritis and Schweingruber 1996; Hagemeger 1993).

3.2. Акценти на дендрохронологичните анализи в България

Дендрохронологичните изследвания в България се развиват от края на осемдесетте години на 20-ти век. Първите трудове са на Раев, Гроздев, ще спомена и някои други автори в следващите години Lubenova et al.(1998, 1999, 2001); Mirchev and Ivanova (1996); Mirchev et al (2000); Raev et al.(1993); Asenova (2007) D.Dimitrov, M. Panajotov (2007) и др.

Дендрохронологични изследвания са провеждани в Западна Стара планина (Lyubenova, Alexandrov, Raev and Dimitrov, Dimitrov 1999) на смърч-(*Picea abies*) и бук (*Fagys Sylvatica*).

Анализирано е влиянието на глобалното затопляне върху *Pinus peuce* (Apostolova,Koleva, Meshinev 2000), който е ендемит за Балканския полуостров.

Направена е дендрохронологична характеристика на черната мура (*Pinus heldreichii*) на карстови терени в Пирин (Юркова 1997; Желев 2005).

Провеждани са и други изследвания, свързани с анализа на годишните пръстени на *Pinus nigra* в северните части на Пирин. Целта е да се установи количеството и промените на минералното замърсяване в тази част на планината. Изследвани са микро и макроелементите (N ,P ,K ,Ca, Mg ,Fe, Na, S, Al, Mu, Zn, Cu, Pb, Cd, Co, Ni, Ba, Sr) за 20 годишен период, на стъблени сегменти и кората на над 90 годишни дървета от р. *Pinus* L.. Изследвания вид е разпространен в България, Гърция, Италия и Сърбия и е субендемит за Балканите.

Има няколко причини, поради които е особено важно да се познават добре процесите, които са в основата на естествената динамика на горите. От една страна съвременното общество има все по- високи изисквания за стопанисване на високопланинските гори, което в максимална степен да наподобява естествените процеси. Пред лесовъдите стоят задачите да осигуряват „Устойчиво стопанисване“ в основата на което е максимално близка до природната структура на горите, възможно най- висока устойчивост на горите към различни абиотични и биотични въздействия, висока способност за бързо възстановяване след природни нарушения и не на последно място изпълняване на очакванията на обществото от тези гори. През последните години в Западна Европа и САЩ очакванията все повече се трансформират от „добив на дървесина“ към изпълнение на „природни функции“ (хабитат за различни растителни и животински видове), източник на чисти води и въздух, „резервоар“ за съхраняване на въглерод и др. Следователно все повече се разчита на имитиране на начина, по който природата „стопанисва“ горите. На практика това е най- тясно свързано с различните процеси, които предизвикват загиване (отпад) на едни дървета и израстване на други (т.е. процес на възобновяване). В смърчовите гори това става обикновено при загиване на няколко големи дървета на площ 50-100 кв. м. (т. нар. „котли“) или при големи природни нарушения. Но конкретни размери за периода, през който такива събития засягат даден участък са специфични и силно зависещи от местоположението на гората. По тази причина не може да се разчита „на готово“ на данни, които идват от подобни гори в Северна Европа или Северна Америка и е необходимо да се съберат локални данни и съответно с тях да се „калибрира“ използвания модел на стопанисване.

Дендрохронологичните изследвания са неразделна част от горския мониторинг, за установяване на интензивността на техния растеж, както и факторите, които ги характеризират. Това директно реализира ролята на горските съобщества в стабилизиране на околната среда под нарастващия антропогенен натиск (Kaennel and Schweingruber 1995; Latimer et al 1996; Fritis and Schweingruber 1996; Hagemeger 1993) за Балканите. Той е бил обект на изследване заради фитогеографските връзки, екологичните си свойства и продуктивността на неговите съобщества. (Пасков, 1932; Стефанов, 1943; Стоянов, 1950; Пенев, 1966; Радков, 1973; Велчев, 1987 и др). Настоящите изследвания докладват за концентрация на макро и микроелементи в стъблата в зависимост от растежа.

Според изследвания на Lyubenova and Jurukova (2005) за вида *Pinus nigra* количественото съотношение на елементите в дървесината е в намаляващия ред: Ca>N>K>Mg>Na>S>Fe>P>Al>Mn>Zn>Ni>Pb>Sr>Ba>Cu>Co>Cd, докато за кората е: Ca>N>K>Mg>Al>S>Fe>P>Na>Zn>Mg>Pb>Sr>Cu>Ni>Co>Cd.

Пропорциите между концентрациите в кората и нарастващата концентрация в дървесината за P, Fe, Al, Mn, Na, S, N, K, Zn се повишават в последното десетилетие. Калцийт показва нарастване от младите към по – старите годишни пръстени. Металите Ni, Pb, Ba, Sr показват нарастване на концентрацията между 1952 и 1971. Има видима разлика във водещото съдържание в дървесината, образувана в продължение на последните 40 години.

Във връзка с обезлесяването, динамиката на пожарите и други стрес- фактори е направен модел за контролиране на гъстотите на черноборовите и бялборовите култури в България. Редовното извеждане на отгледни сечи в боровите култури се смята преди всичко като предпоставка за по- интензивен растеж и по-висока механична стабилност и патогенна устойчивост.(Т. Станкова 2005, 2007).

Рядко се поставя въпроса обаче, как и до каква степен отделните сечи въздействат върху посоката и интензивността на сукцесионните процеси. В тази насока през 2006 е направено проучване за влиянието на отгледните сечи върху състава и структурата на подраства в култури от черен бор (*Pinus nigra* Arn.) , от Ц. Златанов. Поради качествата си на пионерен вид, борът расте и се развива успешно. Като ранно-сукцесионен дървесен вид той трудно се възобновява под собствения си склоп. След възвръщането на горската обстановка започва инвазия на по- късно сукцесионни дървесни и храстови видове. Този процес е по- интензивен при относително по-добри условия на месторастене, като при липса на стопанска дейност е най- добре изразен след началната фаза на разпад на боровия дървострой.

В резултат от проведеното изследване се прави заключение, че съставът и структурата на подраства в изследваните обекти са съществено повлияни от повторемостта и интензивността на отгледните сечи. Наблюдава се частично формиране на втори широколистен етаж под склопа на бора. Този процес е стихийен, а не предварително планиран.

Така осигуряването на естественото възобновяване с черен бор при тези условия ще е затруднено и ще изисква значителни и по-скъпо струващи лесовъдски усилия. В работата е изразено становището, че поради бедните и сухи месторастения, върху които са изследвани съобщества, запазването на участието на бора в следващите поколения е желано.

Направени са също изследвания върху влиянието на селекционните и линейно-селекционни отгледни сечи върху растежа по диаметър на култури от *Pinus silvestris* L. Вариантите на линейно-селекционно прореждане предпоставят за дълъг срок значими различия в условията на растеж на дърветата край изсечените редове и на дърветата във вътрешните редове на културите (Р. Ефремов 2006). Между 30-50 год. възраст на дървостроите периодичният прираст е най-голям в опитните площи, които в резултат на отгледните прореждания и самоизреждане, достигат края на десетгодишните интервали между сечите с най-малък брой дървета. Установената динамика на растежа по диаметър в среднобонитетните млади бялборови култури показва, че като се направлява системно и своевременно растежния простор чрез прореждания с подходяща интензивност, до средна 40-50 годишна възраст на насажденията, може да бъдат постепенно намалели несходствата между тях в темповете на нарастване по дебелина, дължащи се на различна гъстота на залесяване и на особеностите на приложените варианти на пречистка.

Проучван е и растежа на различните произходи на обикновена ела (*Abies alba* Mill.) в опитни екологични култури (И. Евтимов и В. Гагов 2008). Причината за това проучване са породените от емисионните въздействия през 80-те год. на миналия век и все по-забележими “нови повреди в горите“, които все по-често се описват като едно широкомащабно епидемично “загиване на елата“. За периода 2005-2007 в създадените опитни екологични култури с различни български произходи на обикновена ела са извършени задълбочени анализи, които дават възможност да се направят интересни изводи.

Става ясно, че създадените обекти са предпоставка за запазване на ценния генофонд и даване на насоки при възстановяване и разширяване границите на естествения ареал на елите в България, включително разширяване на плантационно производство на коледни елхи.

Направените изследвания разкриват много добра приспособимост на всички произходи от експеримента към климатичните условия в Странджа планина, където ела не се среща. Този интересен факт за пореден път потвърждава адаптивността на елата и високата норма на реакция към по- широк спектър от условия на средата.

Наскоро е стартиран интересен проект на тема „ Установяване падането на лавини чрез анализ на годишни пръстени на *Pinus peuce*” (Панайотов, М 2007).

През 2008 дендрохронолози направиха анализ на растежа и продуктивността на смесени култури от дъбове (*Quercus* Sp.) и черен бор (*Pinus nigra* Arn.) в Бургаския район. В края на проучването се посочва, че смесените насаждения от черен бор и дъбове на средно и високопродуктивни месторастения до 50г. възраст показват добър растеж, продуктивност и устойчивост и имат добър потенциал за производството на едра строителна дървесина от черен бор при ориентировъчен тонус 50-60г. (М. Броцилова и К. Броцилов 2008). Груповото внасяне на широколистни видове в култури от черен бор е подходящ начин за ускоряване възстановяването на коренната растителност и на биоразнообразието върху обезлесени територии. При създаване на културите от благун, черният бор може да бъде използван като предкултура.

Едни от последните проекти, по които се започна усилена работа с дендрохронологични изследвания при иглолистните са: Панайотов, Беби и Юруков (2010),” Изменението в годишните пръстени на *Pinus Peuce* и *P. heldreichii* от Пирин планина в България”; Панайотов, М., Кулаковски, Д., Беби,П. 2011;”Ветрова ерозия в смърчовите гори в България”; Димитров, Златанов, Раев ,Стоянова, Митева 2011; „Как се отразяват климатичните промени на белия бор от Югоизточна Рила планина”; Панайотов, Димитров, и Юруков (2011), ”Екстремните климатични условия в България”.

Тенденцията за България е да се увеличат все повече провежданите изследвания в областта на дендрохронологията, тъй като тя ни дава обективна оценка на състоянието на околната среда.

Напоследък се илюстрира нов подход за отдиференциране на растителни функционални типове дървета на базата на изследване на периодите с понижен растеж на стъблото или стресовите периоди (Lyubenova and Chikalanov 2010).

Развитието на глобалните модели на растителността изисква дефиниране на растителни функционални типове, отразяващи функционирането на горските съобщества (Lavorel et al. 2007). Някои от основанията за това са свързани с глобалното и регионалното многофункционално значение на горите и климатичните изменения.

Индикатор за комплексното влияние на средата върху горите са особеностите на растежа, отразяван в годишните пръстени. Анализът на неблагоприятните периоди в растежа – стресови периоди дава възможност да бъдат определени и факторите, които са лимитирали стреса. Наборът от стресови периоди при дърветата има съответна количествена изразеност – намаляване на прираста, на продукцията, на количеството свързан въглероден диоксид и отделен кислород, т.е. връзка с всички процеси, определящи климата. Поредицата от стресови периоди има съответна качествена изразеност – честота, продължителност и амплитуда, които са във връзка с екологичните фактори и с екологичните особености на дърветата. Качествената изразеност дава възможност за търсенето на функционални групи.

Селекционираният PFTs чрез дендрохронологични анализи могат да отразяват климатичните промени, сукцесионните процеси във видовия състав на горите и тенденциите за увеличаване или намаляване на заеманите територии. За развитието на глобалното моделиране избраните показатели трябва да бъдат отчитани при използването на унифицирани методи, какъвто е дендрохронологичният метод.

За първи път е направена оригинална класификация на функционални типове дървета според особеностите на стресовите периоди, установени при анализирането на над 150 дендрохронологични редици на доминиращи в българските гори дървесни видове. Установените функционални типове могат да заемат съществено място при прогнозирането и глобалния мониторинг на растителната покривка, на климата на земята и са едни от необходимите бъдещи елементи на DGVMs.

Създадена е програма –SP-PAM за откриване, анализ на честотата, продължителността, амплитудата и статистическите характеристики на стресовите периоди (Lyubenova and Chikalanov 2010). Оказва се, че над 50 % от стресовите периоди при изследваните дървета в България са свързани с неблагоприятни климатични години- топли и сухи (AWD, в които температурния индекс $-It > 1$ и валежният индекс $-Ip < 1$) или студени и влажни (ACD, в които $It > 1$ и $Ip < 1$)

Създадени са три примерни класификации на функционални типове дървета според характеристиките на стресовите периоди:

- Групи с различна честота на стресовите периоди- съответно с много голяма честота, голяма честота и не толкова голяма честота. Като цяло повечето от изследваните дървета се отнасят към първата група.
- Групи с различна продължителност на стресовите периоди- съответно с къси, не много къси и дълги стресови периоди. Повечето от изследваните дървета се отнасят към първата група.
- Групи с различна амплитуда на стресовите периоди- съответно с много слаби; слаби и не много слаби стресови периоди.
- Интересна класификация от 9 групи се получи при обединяването на тези класификации.

3.3. Обзор на изследванията на иглолистните видове в страната

В България иглолистните обхващат така наречената „зона на бука, елата и белия бор” или средната лесорастителна зона, както и горната лесорастителна зона включваща растителни видове като бялата мура, обикновен смърч, черна мура и др. (по Даков и др 1980) Широко застъпени са буково- елово- смърчовите гори, буково- смърчовите и буково- смърчово- белборовите гори, като характерна черта на растителността е, че тя сменя облика си от елов в полза на смърчов с нарастване на надморската височина.

Горната граница на гората в българските планини е формирана предимно от бяла мура (*Pinus peuce* Griseb.), обикновен смърч (*Picea abies* Karst.), бял бор (*Pinus sylvestris* L.), черна мура (*Pinus heldreichii* Christ.), обикновен бук (*Fagus silvatica* L.) и по-рядко от обикновена ела (*Abies alba* Mill), обикновена бреза (*Betula pendula* Roth.), офика (*Sorbus aucuparia* L.) и зелена елша (*Alnus viridis* Chaix) (по Даков и др. 1980). Голямо значение за състоянието на групите от дървесни видове в тази зона, тяхното възобновяване и разширяване имат и съобществата от клек (*Pinus mugo* Turra) и сибирска смрика (*Juniperus sibirica* Burgsd.) (Пенев и Маринов 1964; Димитров 1980; Юруков 1988). Те играят съществена роля във водния режим на високопланинските екосистеми чрез задържането на голямо количество сняг през зимния сезон.

Добре развитите съобщества ограничават ерозионните и лавинните процеси. Наблюденията показват, че възобновяването на основните иглолистни видове в зоната на горната граница на гората протича по-бързо и успешно сред гнезда от сибирска смрика и клек (Пенев и Маринов, 1964; Димитров, 1980; Юруков, 1988; Юруков, 1992).

Според авторите това се дължи на подобрения температурен режим и защитата от неблагоприятното влияние на силните ветрове, които са от голямо значение за укрепването на младите поници и фиданки.

В наличните разработки за горната граница на гората в българските планини се посочва, че почти повсеместно горските съобщества са сериозно повлияни от човешката дейност. Основна форма на стопанисването на най-високо разположените гори в миналото е била опожаряването им за освобождаване на територии за високопланински пасища (Захариева 1940; Масъров 1940; Пенев 1960; Рафаилов 1976; Джоргов 1977; Даков и др 1980; Александров 1983; Юруков 1988; Alexandrov 1994). В някои планински райони горите са били подложени и на прекомерно и неправилно ползване от местното население, което е довело до изместването на типичните за тази зона видове от други. Джоргов (1977) счита, че широкото разпространение на белия бор във високопланинските гори по северните склонове на Маловишкия дял на Рила планина се дължи на масовите сечи от римско време, а по-късно и през османското робство, свързани с голямата нужда от дърва за рударството. Това е довело до унищожаване на типичните за тези месторастения гори от обикновен смърч и бяла мура и настаняване на пионерния вид бял бор. Умишлено запален през 2000 в района пожар е ясен пример за начина, по който местното население е повлияло върху най-високо разположените горски екосистеми. Изследвайки развитието на горските съобщества в Централна Стара планина през последните 8000 години, А.Филипович (1976, по Даков и др., 1980) достига до извода, че от 4000 до 2000 г. пр.н.е обикновеният смърч и обикновената ела са били доминиращи видове. В днешно време горната граница в тази планинска верига се образува предимно от обикновения бук (Даков и др. 1980). Иглолистни гори в Стара планина са запазени в изолирани находища в района на вр. Вежен (резерват "Царичина"), вр. Амбарица, и вр. Ком по Даков и др. (1980) и посочват, че една от причините за ограничаването на участието им е прекомерното ползване от местното население в минали периоди.

Това е спомогнало обикновения бук да стане доминиращ вид в горите от горната граница на гората в Стара планина. Те са също силно повлияни от умишлено опожаряване през османското робство (Даков и др. 1980).

На много места в българските планини облика на горната граница на гората е формиран и под действието на природни бедствия и продължително негативно влияние на екстремни прояви на климатични фактори.

По стръмните склонове в някои долини на Рила, Пирин, Стара планина и Осогово положението на горната граница на гората е тясно свързано с лавинната дейност. Периодичното падане на големи лавини унищожава части от високо разположените гори и образува лавинни просеки, достигащи до речните корита в долините (Пеев 1955; Пеев и Димитров 1971; Пеев и Клечаров 1976). В отделни райони периодично има и големи ветровали, които унищожават участъци от най-високи разположените гори. На Витоша и по билото на Западна и Централна Стара Планина почти постоянните силни ветрове през зимните месеци са най-вероятната причина за снижаването на горната граница на гората (Даков и др. 1980).

Разпространението на дървесните видове в зоната на горната граница на гората често се определя от биологичните им изисквания по отношение на почвените условия. Стефанов (1939) счита, че една от основните причини за широкото разпространение на обикновения смърч във високите части на Витоша са плитките почви, развити върху големи скални блокове от сиенит и андезит. Благодарение на плоската си коренова система този дървесен вид се развива независимо от малката дълбочина на почвения профил. Димитров (1980) посочва, че бялата мура се развива най-добре на проветриви почви с високо участие на скални късове. Според него те са по-неподходящи за възискателен към почвеното богатство вид като обикновения смърч. Черната мура се среща предимно на стръмни терени с плитки почви със слабо алкална реакция (Пенев и Маринов 1964). При по-дълбоки и богати почви се измества от по-бързорастящи видове като бяла мура и обикновен смърч (Юруков и др. 2006). Една от причините за широкото разпространение на клека е и невзискателността му към почвените условия (Юруков 1988). Авторът посочва, че този вид се развива успешно както на скалисти терени с плитки почви, така и на преовлажнени местопрастения в планинските долини.

От съществено значение за добрия растеж е ендотрофната микрои́за с някои видове гъби. Рафаилов (1976) и Донов (1980 в Даков и др. 1980) посочват, че дървесните растения в зоната на горната граница на гората изпитват недостиг на форми на усвоим азот и фосфор в почвите. Това би могло да обясни различия в растежа на локално ниво при установени различия в почвите.

За разпространението на дървесните видове в зоната на горната граница на гората влияние има и устойчивостта на стъблата им към механичното натоварване от силни ветрове, падащи лавини и др.

В зони с често падащи лавини в нашата страна се срещат видове с жилави стъбла като бяла мура, черна мура и клек (Пеев 1963; Пеев и Димитров 1971; Юруков 1988; Панайотов 2000).

Изследванията на български автори показват, че с увеличаване на надморската височина се влошават качествата на семената и възобновителните възможности (Добринов 1961; Александров 1983; Юруков 1988). В същото време в части на страната в зони, където няма активна паша и чести пожари, над горната граница на гората се наблюдават поници на дървесни растения (Пенев и Маринов 1964; Димитров 1980; Meshinev et al. 2000).

В България са провежани малко на брой проучвания с използване на дендрохронологични методи за влиянието на климатичните фактори върху растежа на дървесните индивиди в зоната на горната граница на гората. Юруков (1988) посочва връзка на растежа на клек с цикличността на слънчевата активност и климата. Вакарелов, Мирчев и др. изследват растежа на гори от бяла мура в Бъндеришката долина и достигат до извода, че той се влияе преди всичко от летните температури (Vakarelov et al 2001). Те установяват два периода в миналото с по-ниски температури – от 1775 до 1784г. и от 1892 до 1959г. и два с високи - от 1786 до 1891г. и от 1960 до 1995г. Изследвания в смърчови гори на по-малка надморска височина провеждат и Раев, Георгиев и Грозев (1993).

През 2002 Шишков и Жокова правят обзор на микроелементите на *Pinus Sylvestris* L. в Югоизточните Родопи. От заключението, което е направено, става ясно, че най-високо биогенно натрупване на Zn и Pb се наблюдава в почвите под белия бор. Високото съдържание на олово в почвите показва необходимостта от мониторинг в този регион

4. Обект на изследване

4.1. Обща характеристика на иглолистната растителност

Иглолистните гори у нас се развиват в горните планински пояси на Средните и Западни Родопи, Рила, Пирин, Витоша, Славянка, Осогово и по-слабо в Стара планина и Беласица. Тези горски съобщества са формирани от смърч, ела, бял бор, бяла и черна мура.

Естествените съобщества заемат по-ограничена площ от широколистните (около 26%), но стопанският интерес към тях е по-голям, тъй като достигат по-бързо експлоатационна възраст.

Преди около 2000г. площта на тези гори е била значително по-голяма. При засушаването на климата по време на последното залежаване те са се изкачили в по-високите части на планините, търсейки необходимата влага. Стесняването на иглолистния пояс у нас е свързано в много голяма степен и с антропогенното въздействие.

Според геоботаническото райониране от Бондев (1982) територията на страната ни влиза в три растителни области - Европейска широколистна горска област, Евроазиатска степна и лесостепна област и отчасти Средиземноморска склерофилна горска област. Към тези три области се отнасят разпространените и в нашата страна пет растително – географски провинции - Евксинска, Илирийска (Балканска), Македоно - Тракийска, Долнодунавска и Източносредиземноморска. Изследваните райони попадат съответно в Илирийската и Македоно - Тракийска провинции.

Рило- Родопския масив се причислява към Македоно- Тракийска провинция и е главен център за локализация и съхранение на иглолистната автохтонна растителност в Югоизточна Европа. Характерни са големият брой смесени насаждения с едификатори смърч, ела, бял бор и бяла мура. Във височинния пояс 850-1750 m горско дървесната растителност е с най- висок фитогеографски и ресурсен потенциал.

Тези горски екосистеми в по- голямата си част не са били защитени от активната човешка дейност през последните 50-60 години.

Поради различни въздействия- природни и антропогенни, естествените гори силно са намалили площта си, променили са своя строеж и структура.

Това е и повод за изследване на лесовъдско - дендрометричната структура на естествени иглолистни дендроценози в Рило - Родопския масив, което е проведено от Хр. Цаков през 2006. Изследвани са 17 типа на иглолистни дендроценози в Рила, Пирин, Родопи. В резултат на проведените еколого - лесовъдски проучвания, дендрометрични измервания и анализи, могат да се направят следните обобщения: Благоприятните климатични и едафични условия в Рила, Пирин и Родопите са причина за формирането и запазването на автохтонната иглолистна растителност от черен бор, бял бор, ела, смърч, бяла мура, черна мура, клек и смрадлика. Долинната елова гора с папрати се среща и в трите планини.

В Северен Пирин по геоботаническото райониране влиза в състава на Македоно- Тракийска растителна провинция и за тази област е характерно, че преобладават муровите дендроценози, като най- производителни са смърчово-муровите в диапазона 1800-2000 m. В Родопите с най-голямо участие са черен и бялборовите екосистеми, които образуват смесени насаждения с елата и смърча.

В Стара планина влиза в състава на Илирийската растителна провинция. Над буковите гори на отделни места се срещат хубави смърчови гори, на места смесени с ела (Берковска и Калоферска планина). Срещат се още ограничени площи на гори от бяла мура (Тетевенско) и черен бор. По северните склонове на Берковска Стара планина има естествени гори от реликтния обикновен кестен. В Централна Стара планина по карстови терени се среща еделвайсът (района на Козята стена и вр. Мазалат). Най-високите части са заети от пасища и ливади. От храстовите видове са разпространени шипка, глог, къпина, дрян, леска, хвойна, боровинка, връшник, трънка, драка, смрадлика, люляк и др. Естествените иглолистни гори (смърчови, бялборови, елови) заемат терени от 1200 до 1800 m н. в. и северни изложения. В състава им участват бял бор, бук, явор, бреза и др. В по-високите места само тук там са запазени в твърде ограничени размери естествени иглолистни гори, каквито се срещат на север от вр. Ком.

На запад от вр. Миджур доста голям масив е покрит с иглолистни гори (резерват „Чупрене“) от смърч, на места примесени с ела и бук. Субалпийската растителност е представена от клек, зелена елша, силезийска върба и вторични храсталаци от сибирска хвойна, боровинка (черна, червена и синя), връшник, мечо грозде и тревни формации от мощна власатка, картъл, а по-рядко кафява власатка. По най-високите места е налице и алпийска растителност, изградена от формации на качулата гъжва, бролова власатка, скална полевица, мъхнат овесец и др. Срещат се и торфища със съответната торфищна растителност от острици – острата, черната, звездовидната, пушици, сфагнови мъхове и др., включително насекомоядните – балканския ендемит (*Pinguicula balcanica*), много рядко и кръглолистната росянка (*Drosera rotundifolia*) в местността „Боище“ под вр. Ком. В района на Осогово са представени формации от бял бор, докато в Беласица по рядко могат да се видят ела и бор. Тази планинска верига попада към Македоно- Тракийска растителна провинция.

4.1.1. Орографска характеристика на иглолистните гори

Орографската характеристика се определя от структурата на проучваната територия по надморска височина, наклон и изложение. Релефът има определяща роля за формирането на месторастенията. В условията на планинските терени количеството на влага и притока на енергия (светлина и топлина) има изключително голямо значение при формирането на микроклимата и хидротермичния режим на почвите и оттам на местообитанията.

Съобществата на белия бор (*Pinus sylvestris* L.) са разпространени в планините между 800-1800 m надм.в. и заемат около 408 000 ha площ. Най-големи площи бялборови гори има в Средните и Западни Родопи, Рила, Пирин, Плана планина, Западна и Средна стара планина, Осогово, Витоша, Славянка, Малашевска планина, Огражден и Лозенска планина.

На южни изложения при по-малка надморска височина в Плана и периферията на Софийско поле бялборовите гори са разположени над габърво- горувия пояс. Тези съобщества имат реликтна природа. Остатък от началото на холоценовския период.

Пробите от бял бор, необходими за настоящата дипломна работа са взети от областта на Осогово (950 m надм. височина), Беглика, Юндола (1478-1712 m надм. височина). В Осогово изложението предимно е южно, със склон в горната част на планината и наклон 22%, докато в Беглика иглолистните са с всякакво изложение, предимно югозападно и югоизточно и наклон на склона между 8-24%.

Съобществата на черния бор *Pinus nigra* Artn. са разпространени главно в Родопите, Пирин и ограничено в Славянка, Рила, Влахина планина, Осогово, ниските планини в Западна България, Стара планина и Предбалкана. Общата им площ е 222 000 ha.

Вертикалният диапазон на разпространение е между 400-500 m до 1500-1700 m - от пояса на средиземноморската растителност до пояса на иглолистните гори. Елемент са коренната ксерофитна горска растителност, но някои съобщества са възникнали вторично.

Тъй като този вид е разпространен както в зоната на дъбовите гори, така и по-високо (например на Славянка и Пирин до 1600 m, на варовиците в Родопите до 1700 m), неговите съобщества силно са повлияни от човешката дейност и площите, които заемат днес, са много по-ограничени отколкото в миналото. Остатъци от чистите (край Велинград и в Източните Родопи) и смесените гори на черния бор с горун, бук, ела, бял бор и смърч (например край Смолян, Белово, Ракитово, Велинград, Белоградчик, Мелник и др.) имат реликтен характер.

Дипломната работа разполага с взети проби от черен бор от Берковица-местност Калето, Кюстендил - Осоговска планина, Велинград - местност Хисарлък, Рила/ Родопи- местност Юндола. В Берковица преобладава югоизточно изложение, със склон в долната част на планината и наклон 31%, докато във Велинград изложението е предимно североизточно и северозападно и е с наклон е между 8 и 42%.

Муровите гори са едно от най-оригиналните и интересни реликтни явления на Балканския полуостров. Бялата мур (*Pinus peuce* Griseb.) е балкански ендемит и принадлежи към секция на петиглените борове. Черната мур (*Pinus heldreichii* Crist.) принадлежи към секцията на двуигленните борове, субендемит за Балканския полуостров, разпространен и на Апенинския полуостров.

Бялата мура е най-ценното дърво между всички високопланински дървесни видове. Тя има висока продуктивност въпреки суровите условия и късия вегетационен период. Добре понася високопланинските условия и често очертава горната граница на гората, където формира добре обособен подпояс в пояса на иглолистните гори.

Има изразено горскозащитно и противоерозионно значение за младите високопланински гори, предпазвайки ги от вятъра и лавините, поради добре развитата си коренова система.

Съобществата на бялата мура са разположени главно в Пирин и Рила и ограничено в Средна Стара планина. Заемат площ от 12 000 ha. Оптимумът за развитие е 1700-2000 m надм.в., но в отделни съобщества се срещат и извън тези граници.

В екологично отношение ценозите ѝ се нареждат между съобществата на смърча и тези на белия бор. Екотопите им са склонове, предимно със северни изложения.

Съобществата на черна мура заемат най-малката площ в сравнение с площта на останалите иглолистни (0.1% от площта на иглолистните, или 1800 ha). Разпространението им е локално - главно Северен Пирин и отчасти в Славянка. Черномуровите гори са привързани към сухите варовити склонове, предимно с южно изложение при 1400-2200 m надм.в. Заедно със смърчът *Picea A. Dietr.* образуват смърчово – мурова зона.

Смърчовите съобщества заемат днес около 4.4% от горската площ у нас и около 14.8 % от иглолистната - 1300 000 ha. Най- обширни площи заемат в Родопите, Рила и Пирин. Екотопите на смърчовите гори са главно северни склонове, както и понижения и заравнености.

4.1.2. Климатична характеристика

Климатичното райониране на Събев – Станев (1953, 1963, 1991), което в момента се използва в България, в значителна степен отчита климатичните особености на страната. Климатичното райониране обхваща три климатични области- умереноконтинентална климатична област, преходно- континентална климатична област и континентално- средиземноморска климатична област.

Районите на изследване, които попадат в Европейската умереноконтиненталната климатична област са Витоша, Берковица. Над тази зона се формира зоната с планински с планински климат е около 12,5% от територията на страната ни. За него са характерни ниското атмосферно влияние и температура, голямата относителна влажност на въздуха, интензивната слънчева радиация, честите ветрове и малката температурна амплитуда.

На височина над 1800 m климатът е високопланински. При този тип климат не растат дървета, а само ниски храсти от клек и хвойна и тревна растителност (алпийски ливади).

Единствено тази растителност е пригодена да издържа ниските температури и буйните ветрове по билата на планините.

По ниските била на Пирин, Рила и Родопи има и влияние и на средиземноморския климат, което се усеща, не само по - мекия климат, но и по - разнообразните растителни видове с характерни средиземноморски черти и те спадат към континенталната-средиземноморска област.

Годишните суми от валежи в планините са от 750 до 1000 mm, като голям процент от тях падат под формата на сняг.

Във високите части на Рила относителната влажност на въздуха най-често е в границите от 80 до 85%. Най-сухи са студените, зимни месеци. Влажността е различна за северните и южни склонове на Рила. По южните склонове на планината валежите през зимата достигат до 22-25% от годишната норма, докато по северните склонове са занижени. По западните и северни склонове максимумът на валежите е през пролетта и лято, а по източните склонове — през зимата.

Въпреки сходните си географски характеристики Осоговско- Беласишката планина попада в две различни климатични области. В Преходно- континенталната област е Осогово, докато Беласица е в Континентално- средиземноморската област. Средната януарска температура в планинската редица е между -3° и -7°C, а годишната сума на валежите - между 700 и 1000 mm. Снежната покривка се задържа от 3 до 6 месеца.

В котловините на север от Кресненския пролом климатът е преходен. Средната януарска температура тук е -1° - $+1^{\circ}$ C, летните температури - 22° - 23° C, а валежите - около 550 мм. На юг от Кресненския пролом климатът е континентално-средиземноморски, със зимен максимум на валежите. Тук са най-високите средногодишни температури в страната - в района на Сандански - $13,9^{\circ}$ C. Януарските температури са над 0° C, а годишната сума на валежите е в границите на 500 - 600 мм. Снежната покривка се задържа само няколко дни. Поради орографският ефект валежите в подножието на Беласица достигат 1000 мм.

В Пирин, в района на Разложката котловина, разположена на ок. 940 m н.в. е характерен умереноконтиненталния климат, дължащ се главно на голямата надморска височина на котловината. Средните януарски температури са ок. -2° C, а валежите ок. 650-700 mm, като максимумът им е през ноември и вторичен - през юни.

На юг в района на Гоцеделчевската котловина климатът е с континентално-средиземноморски черти. Тук средногодишната температура достига $+11,4^{\circ}$ C. , а януарската е ок. 0° C. , валежите са предимно от дъжд със зимен максимум. Във високите части на планината климатът е типично планински.. Средно-януарските температури варират от -1 , -2° C в подножието до ок. -5° C в по-високите части. Средната годишна температура на ст. хижа Вихрен е $+3,5^{\circ}$ C. Количеството на валежите варира от 600-800 mm в по-ниските части до 1400-1500 mm в по-високите. Снежната покривка се задържа в по-високите части 7-8 месеца, а в Южен Пирин - 3 месеца. Често във високите части на планината през зимата се образуват опасни лавини.

Главната Старопланинска верига е типичен пример за планински вариант на умереноконтинентален климат. Той е много по- студен и по – влажен и с увеличаванена надморската височина температурата на въздуха намалява, а влажността, облачността и валежите се увеличават. Връх Ботев има средна януарска температура – $7,9^{\circ}$ C, средна юлска температура 10° C, средна годишна температура – $0,7^{\circ}$ C.

В Стара планина валежите и овлажнението е по- големо, отколкото във всички останали планини у нас. Това се обяснява с положението на планината спрямо северните и северозападните океански нахлувания през лятото.

4.1.3. Почвена характеристика

Почвената карта на България съгласно ревизираната легенда на ФАО – ЮНЕСКО ИСРИК е разработена от д-р Колчаков през 1994, като част от географската база данни за почвите в Централна и Източна Европа.

Територията на страната ни влиза в пределите на Карпатско – Дунавската почвена област. Към нея спадат Долнодунавска почвена подобласт и Балканско – средиземноморска почвена област, а съответно към тях десет провинции за първата и двадесет и две провинции за втората подобласт.

Районите, от които са взети пробите спадат към : Струмско – Местенската провинция; Старопланинска провинция от пояса на кафявите планинско – горски почви; Софийско- Крайщенска провинция; Рило – Пиринска планинска провинция от пояса на кафявите планинско – горски и на тъмноцветните планинско – горски почви; Западнородопска планинска провинция; Осогово – Беласишка планинска провинция.

В Пирин най - ниските части на котловините са покрити с алувиално - глинесто - песъчливи почви, равните площи на в планинските стъпала - с кафяви горски, които над 1600 m минават в планинско-горски почви, над 2200 m и в планинско - ливадни почви. В тази планина, също както при Рила, са обособени провинциите – Рило – Пирински и Високопланински; както и Струмско – Местенска.

За подножието на Беласица са характерни канелените горски почви, а във височина кафявите горски и планинско-ливадните почви. Северното подножие на планината, известно с името Подгорие е оформено от дебели наносни пластове, които задържат обилни водни запаси. В Осоговската планина основният почвен тип тук е представен от тъмнокафяви горски почви и спадат към Осогово – Беласишка провинция.

Над 800 m н. в. Стара планина се отнася към Планинската почвена зона. Тя играе ролята и на почвена граница между няколко основни почвени типа. В по-ниските части по северния склон са разпространени сивите горски почви, а по южния канелените горски почви. Над тях във височина се разполага поясът на кафявите горски почви, а нагоре следват планинско-ливадните. От азоналните почви за карстовите райони са характерни хумусно-карбонатните почви (рендзините), както и алувиално-ливадните за поречието на р. Луда Камчия.

Значителните наклони на склоновете и слабата залесеност на места са причина за проявата на ерозионни процеси. Провинциите в състава на планината са: Старопланински средновисок; Старопланински висок; Витошко – Средногорски.

В района на проучването са идентифицирани няколко почвени типа: *Distric Cambisol*; *Eutric Cambisol*; *Humic Cambisol*; *Calcaric Fluvisol*.

Distric Cambisol – Кафява горска почва. Те са най-широко разпространените почви в планинските райони от 600 - 2000 m надморска височина. Свързани са климата на планинския климатичен район : средна денонощна температура 6-8⁰ С а, с малки температурни колебания, валежи 800-900 mm.; висока въздушна влажност; промивен воден режим. Тези почви са богати на хумус – до 12%, но хумусното вещество не е много качествено – не е завършен процесът на хумификация. Реакцията е слабо кисела – рН 5,5-6. Средно запасени са с усвоим азот и усвоим фосфор. Нуждаят се от комбинирано торене. На тях обикновено има горска растителност, рядко се използват за земеделие (най-често картофи). Образувани са върху леко-песъчливо глинест елувий, делувий или пролувий, при влажен климат и широкото участие на широколистни /букови /, иглолистни и смесени гори.

Отличават се с малка мощност на почвения хоризонт /40-80 cm/, незначителен хумусен хоризонт и незначително съдържание на хумус /3-9%/. Поделят се на светлокафяви /разпространени в по-ниския пояс на буковите гори/ и тъмнокафяви /разпространени по северните склонове и високопланинския пояс иглолистни гори/. Тъмните кафяви почви са характерни за северните и близки до тях изложения. Отличават се с голямата си мощност, добре изразен хумусно - акумулативен хоризонт и малка скелетност. Имат големи запаси от хранителни вещества и висок капацитет на активна влага. Това ги прави в повечето случаи почви с високи лесорастителни свойства, върху които успешно растат насаждения от бук, ела, смърч, бял бор и др.

Светлите кафяви почви са характерни за южните и близки до тях изложения. Те са маломощни, със скъсен хумусен хоризонт и наличие на много скелет.

Заемат се главно от различно продуктивни белоборови насаждения. Бук, смърч, ела – лош растеж и малка продуктивност.

В по-високите части на планините кафявите горски почви преминават в тъмноцветни горски и планинско-ливадни. На повърхността обикновено има до 5 cm горска постилка от мъртви органични остатъци, след което – 10 до 60 cm – хумусно-аккумулятивен хоризонт. Фрагментирани са – съдържат островърхи камъни в целия профил.

Eutric Cambisol – Кафяви горски почви – светли. Заема ограничена площ. Общите характеристики са сходни с тези от предишния тип. Хумусния хоризонт е по – слабо оцветен. Механичният им състав е по – лек, често със скални включения.

Humic Cambisol – Тъмноцветни планински горски почви. Тези почви са разпространени в Рила, Пирин, Витоша, Стара планина и Родопите /на височина 1600 m -1700 - 2100-2200 m/. Образувани са върху безкарбонатни скали, планински климат и растителност от клек, хвойна, бяла мура, смърч, както и тревиста и храстова растителност. Отличават се с дебел торфенисто-хумусен хоризонт /40-60 cm/, мощен профил /85-120 cm/ и съдържание на хумус от 4 до 26%. Хумусът е кисел, груб с високо съдържание на смоли. Образуването им е свързано със смърчови и високопланински букови гори. Средната годишна температура е от – 3 до 5⁰ C, при годишно количество на валежите 900 mm.

Calcaric Fluvisol – Алувиално – делювиални почви. Заемат ограничена площ по долините на реки и върху делювиални наноси в подножието на планините. Няма добре оформени генетични хоризонти. Хумусният хоризонт е сравнително маломощен, като в дълбочина преминава в различни по механичен състав и със слоест характер наноси. Характеризират се като пясъчливи до тежко пясъчливи. Количеството азот се движи от 0.04 % – 0.20 %. Реакцията е от слабо кисела до алкална.

4.2. Локалитети – обект на изследване

За целите на настоящото изследване е извършено пробовземане в следните локалитети: гр. Берковица (Западна Стара планина), резерват „Габра“ – Осоговска планина, Беласица за черния и белия бор и Пирин – за бялата и черната мура

Табл. 1. Географски координати на сондираните дървета

В табл. 1 са дадени географските координати на 6 –те локалитета на сондираните дървета.

Name		Description	Position	Altitude
1	17	07-DEC-10 10:58:45	N43.40928 E23.22403	173 m
2	18	07-DEC-10 11:13:28	N43.40938 E23.22231	157 m
3	19	07-DEC-10 11:13:42	N43.40938 E23.22230	157 m
4	20	07-DEC-10 12:07:19	N43.54990 E22.99478	253 m
5	21	07-DEC-10 12:24:07	N43.54990 E22.99477	251 m
6	22	07-DEC-10 14:32:40	N43.54972 E22.99443	249 m
7	23	07-DEC-10 14:33:12	N43.54964 E22.99478	250 m
8	24	07-DEC-10 14:34:12	N43.54927 E22.99427	247 m
9	25	07-DEC-10 14:34:42	N43.54915 E22.99428	249 m
10	26	08-DEC-10 9:29:29	N43.36068 E23.22843	221 m
11	27	08-DEC-10 9:44:48	N43.36127 E23.22880	220 m
12	28	08-DEC-10 9:59:01	N43.36138 E23.22905	207 m
13	29	08-DEC-10 10:09:03	N43.36169 E23.22907	225 m
14	30	08-DEC-10 10:21:14	N43.36179 E23.22893	216 m
15	31	08-DEC-10 10:31:41	N43.36173 E23.22929	215 m
16	32	08-DEC-10 10:40:24	N43.36151 E23.22935	217 m
17	33	08-DEC-10 11:07:23	N43.36130 E23.22981	216 m
18	34	09-DEC-10 9:27:36	N43.21200 E23.10694	760 m
19	35	09-DEC-10 9:40:35	N43.21189 E23.10692	737 m
20	36	09-DEC-10 9:56:03	N43.21193 E23.10712	728 m

21	37	09-DEC-10 10:59:16	N43.21151 E23.10738	758 m
22	38	09-DEC-10 11:10:27	N43.21160 E23.10748	747 m
23	39	09-DEC-10 11:21:59	N43.21173 E23.10769	758 m
24	40	09-DEC-10 11:47:08	N43.21152 E23.10790	776 m
25	41	09-DEC-10 12:00:24	N43.21178 E23.10807	760 m
26	42	09-DEC-10 12:11:52	N43.21202 E23.10794	737 m
27	43	09-DEC-10 12:27:45	N43.21234 E23.10719	721 m
28	44	09-DEC-10 15:01:40	N43.23990 E23.12230	469 m
29	45	09-DEC-10 15:18:00	N43.23985 E23.12228	462 m
30	46	09-DEC-10 15:33:04	N43.23975 E23.12232	460 m
31	47	09-DEC-10 15:46:30	N43.23968 E23.12192	457 m
32	48	09-DEC-10 16:00:31	N43.23976 E23.12225	458 m
33	49	09-DEC-10 16:12:29	N43.23994 E23.12300	456 m
34	50	09-DEC-10 16:21:24	N43.23991 E23.12300	466 m
35	51	09-DEC-10 16:30:26	N43.24012 E23.12300	462 m
36	52	09-DEC-10 16:38:32	N43.24016 E23.12308	463 m
37	53	09-DEC-10 16:57:20	N43.23945 E23.12215	433 m
38	54	09-DEC-10 17:12:24	N43.24015 E23.12443	432 m
39	55	09-DEC-10 17:23:05	N43.24006 E23.12555	410 m

5. Методи на изследване

В дипломната работа са разработени фитоценологични, дендрохронологични и аналитични методи.

Използвани са методи за установяване на видовия състав и количествените съотношения между видовете във фитоценозите за изява на етажността, доминантната структура, мозаичността, които съответстват на етап от развитието на фитоценозите и тяхната среда, на връзките между видовете и средата на обитание.

За целите на настоящата дипломна работа са избрани по маршрутният метод и маркирани представителни пробни площадки в иглолистни съобщества с размери 15/15 m.

Количественото отношение между видовете дървета е оценено по окомерната 7 бална скала за обилие на Браун-Бланке (1951). За определяне на моделни дървета за сондиране е направена таксационна характеристика по Анучкин (1977).

Данните са обобщени в таблици и приложения и част от тях са представени в дипломната работа.

5.1. Прилагане на дендрохронологичния метод

За успешното разкриване на влияещите върху здравето състояние на иглолистните гори фактори е наложително към традиционните изследвания да се включат и анализи на годишните пръстени. Чрез тях е възможно да се установи времевото развитие и предистория на съответен патологичен процес. Съвременната дендрохронологична наука дава възможност за успешно разграничаване на биотичните и абиотични стресори, които предизвикват влошаване на здравето състояние на дървесните видове (Комин 1990; Швайнгрубер 1983), както и влиянието на климатичните въздействия върху годишния прираст.

Съществен дял от дендроиндикацията е оценката, основаваща се на дендрохронологичния метод, представляващ анализ на хода на растежа на стъблата за определен растежен период на дърветата.

Особеностите в анатомичната структура на стъблата, голямата им дълговечност, натрупването на знания относно влиянието на различни фактори на средата на радиалния прираст, усъвършенстването на техниката за неговото отчитане и достигането на голяма точност при измерването му са довели до все по-широкото приложение на дендрохронологичния метод. Ширината на годишния пръстен представлява в известна степен осреднен показател за растежа на дървото през вегетационния период. Тя корелира и със специфични процеси, протичащи в самото дърво (Fritis 1976).

Основните еколого-физиологични режими, определящи съществуването на растителните организми са светлинния и топлинния режим, режима на овлажнение и режима на хранителни вещества. Лимитиращо влияние върху наземните екосистеми имат топлинния режим и режимът на овлажнение.

Именно поради тази причина в настоящата дипломна работа е изследвана корелацията между температурите и валежите и радиалния прираст на стъблата в съответните периоди от време.

Растежът на дървото е функция на много биотични, абиотични и антропогенни фактори. При дендроекологичните изследвания се изяснява степента на влияние на екологичните фактори върху динамиката на радиалния прираст. Тези фактори могат да бъдат климатични (изразяват се чрез средни месечни температури и валежни суми), антропогенни (замърсяване и горско стопанска дейност) и биотични (насекоми, гъбни вредители и други). За избирането на репрезентативни ПП, от които да се вземат дървесните проби бе проучен лесоустройствен проект, в резултат на което бяха определени две ПП.

Graybill (1992) и Cook (1987) предлагат следния линеен модел за радиален прираст:

$$\diamond R1=A_t+C_t+\Omega D1_t+\Omega D2_t+E_t$$

- ❖ Където $R1$ е ширина на годишен пръстен, в дадена серия за периода $t=1$
- ❖ A_t е величината, която е свързана с влиянието на възластта на дървото и условията на месторастене.
- ❖ C_t - компонентата, която отразява влиянието на климатичните промени.
- ❖ $D1_t$ - влиянието на други, освен климата, екзогенни фактори
- ❖ $D2_t$ - влиянието на ендегенни фактори
- ❖ δ - константа, E_t - грешка на модела.

Статистическа обработка обработка на пробите

Резултатите от измерванията са обработени статистически: средна аритметична стойност ($\bar{x}$), коефициент на вариране (CV), средно квадратично отклонение(S), грешка на средната стойност ($S_{\bar{x}}$), доверителен интервал (m), представителност на средната стойност (Legerde 1995) и нивото на значимост (α). При по- голяма стойност на α интервала на доверителна вероятност се свива. Така стойностите на статистическите данни, които се намират в по-тесен интервал са с по-голяма плътност и са по-достоверни или дават по- сигурен сигнал.

- Стандартизация на данните за годишния прираст

С увеличаване на възрастта на дървото в повечето случаи радиалният прираст намалява и посредством регресионен анализ се установява най-подходящата биологична крива (тренд), която отразява в максимална степен тази закономерност. За намиране на тренда на растеж във времето се използват регресионни модели. При този метод тенденцията в развитието на радиалния прираст, т.н. на биологичната крива се представя чрез линия, която най-добре приляга към съответната дендрохронологична редица, получена след измерване на радиалния прираст.

Тя се намира чрез метода на най-малките квадрати. Биологичната крива (тренд) се изобразява като плавна линия, която изразява закономерността на развитието на изследваното явление във времето.

За сенкоиздържливите дървесни видове (*Abies*, *Picea* и др.) биологичните криви (трендове) много често се описват с плъзгащите се средни зависимости или полиноми. Използваните зависимости за намирането на биологична крива на взетите проби са: линейна, логаритмична и полиномна. Получените регресионни модели и измерените стойности за широчината на годишните пръстени позволяват да се изчислят индексите за всяка година посредством уравнението:

❖ $I = R_t / G_t$

- ❖ Където: I е индексът на радиалния прираст в определена година, R_t - измерената стойност за радиалния прираст за дадена година, G_t – стойността за радиалния прираст за дадена година, определена чрез регресионно уравнение.

След изчисляване на индексите за всички дървета, е извършен корелационен анализ между индексите на отделните дървета, чрез който е установено кои от тях имат хомогенно изменение на радиалния прираст.

В настоящото дендрохронологично изследване при стойности на корелационния коефициент (r) над 0.4 ($r > 0.4$) се приема, че е установена добра корелация между анализиранияте дендрохронологични редици от данни и това дава основание да се счита, че извадките са хомогенни и съдържат достатъчно силен общ сигнал. От всички дървета, за чиито редици е получена добра корелация, е създадено средно моделно дърво, на което за всяка година се изчисляват средно аритметични индекси на растежа.

- Верификация

Тази статистическа процедура се извършва, за да се провери реално достоверността на взаимовръзката на индексите за радиален прираст със съответни фактори на средата.

Резултатите изясняват възможностите на установената зависимост да се използва и като прогнозиращ модел. Надежността на статистическия модел е оценена директно чрез изчисляване на определени статистически показатели (Мирчев и др. 2000).

5. 2. Анализ на стресовите периоди с разработената SP-ПАМ, версия 1.1.

Получените от регресионния анализ стресови периоди се описват с техните лява (LB) и дясна (RB) граница. Получените редици от стресови периоди за моделните дървета от всеки вид се сравняват, за да се замерят от общите стресови периоди. По долу за краткост под стресовото сечение или само сечение ще разбираме общ стресов период. Когато описваме общи (за всички) параметри ще разбираме параметри на сечения на един и същ дървесен вид. Определенията са следните:

- Стресов период, SP – една или повече последователни години с растежен индекс $It < 1 - \delta$ ($\delta = 10\%$).

- Амплитуда на стресовия период, A - $AMPL = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S (1 - IND_i)$, където

IND_i са индексите на отделните стресови периоди.

- Честота на стресовия период, F - броят на стресовите периоди за 100 години.
- Продължителност на стресовия период, D – дължината на общите сечения за всички стресови периоди по видове и локации.
- Кардиналност (Card) е броя на стресовите периоди на отделните екземпляри, влизащи в сечението.

- Покритие (Co) е процентното отношение на кардиналността към броя на всички стресови периоди (N) и се задава с формулата $Co = 100 \times Card / N$

- Статистическите параметри, които се изчисляват са:

- ✓ Средите на стресовите периоди (IM), принадлежащи към сеченията. Те се изчисляват с уравнението $Im = (LB+RB+1)/2$, където с LB е означена лявата граница на стресовия период, а с RB- неговата дясна граница.
- ✓ Средно аритметична среда на сечението на стресовите периоди $M=1/S \sum IM$,където IM са средите на стресовите периоди, съставляващи сечението.
- ✓ Стандартно отклонение
- ✓ Среда на сечението
- ✓ Доверителен интервал
- ✓ Ниво на значимост - α

Получените стресови периоди са характеризирани със следните качествени показатели:

- Амплитуда на стресовите периоди - където INDI са индексите на стресови периоди;
- Честота на стресов период, F - броят на стресовите периоди за интервал от 100 години;
- Продължителност на стресов период, D - дължина на общи пресечни точки на всички стресови периоди от проби от един вид в определено място.

Методиката е публикувана от Lyubenova & Chikalanov (2010).

5.3. Вземане и измерване на проби

Дендрохронологичните проби (50 бр.) са вземани с Преслеров свредел на 1 - 1.5 m по височината на стъблата според методиката (Мирчев и др., 2000). Дендрохронологичните редици са монтирани върху дървени шаблони с 4 улея и размери 50/5/2 cm. Пробите са шлайфани с виброшлайф и шкурка. Измерването на ширините на годишните пръстени бе извършено с точност до 0,001 cm с измервателна апаратура LINTAB Tree ring station (LINTAB 6). Извършената стандартизация на редиците от измерени ширини на годишните пръстени при отделните проби цели да се филтрира и идентифицира влиянието на екологичните фактори върху растежа и се минимизира влиянието на възрастта.

Извършен е регресионен анализ и ширините на годишните пръстени са конвентирани в индекси на растежа. На следващ анализ са подложени именно редиците от растежни индекси. Избрани са най-подходящите регресионни модели с $R^2 \geq 4.5$. От тях са формирани средните моделни редици от индекси за вид и локалитет чрез осредняването на индексите по години и прехвърлянето на стойностите на индекса на някоя от редиците, ако при останалите липсват тези периоди, тъй като сондираните дървета са на различна възраст.

Новите редици, заедно със събрани такива от предишни измервания, са подложени на регресионен анализ с програмата SPPAM 1.1 до получаването на средна за локалитета редица, която служи за по-нататъчен анализ на стресовите периоди – периодите с растежен индекс под 1-ца.

Анализът включва съвместното изследване на редиците от различни локалитети и намирането на сеченията на стресовите периоди и съответно посочените в описанието на програмата статистически показатели: кардиналност, покритие и алфа.

Извършени са също съвместни регресионни анализи с индексите на температерите и валежите за верифициране на установените общи сечения на стресовите периоди.

За анализа е използвана климатичната база CRU – TS <http://www.cgiar-csi.org/data/item/55-cru-ts-30-climate-database> като източник на данни за температурите и валежите. Климатичните данни са подложени на регресионен анализ и са изчислени индексите на валежите и температурите. Използвайки динамиката на климатичните индекси са определени неблагоприятните климатични години:

- Топли и сухи: $AWD (Item > 1 + \delta_1 \text{ and } Ip < 1 - \delta_2)$, $ACW (Item < 1 - \delta_1 \text{ and } Ip > 1 + \delta_2)$,
където:
 - $Item$ – температурен индекс;
 - Ip – валежен индекс;
 - $1 + \delta_1$, and $1 - \delta_1$ - долна топла и горна студена температурна граница;
 - $1 + \delta_2$ and $1 - \delta_2$ - долна влажна и горна суха граница за валежите;
 - ACW - студени и влажни и др.
- Нормални (N) температурни или валежни индекси, които не се идентифицират като неблагоприятни години.

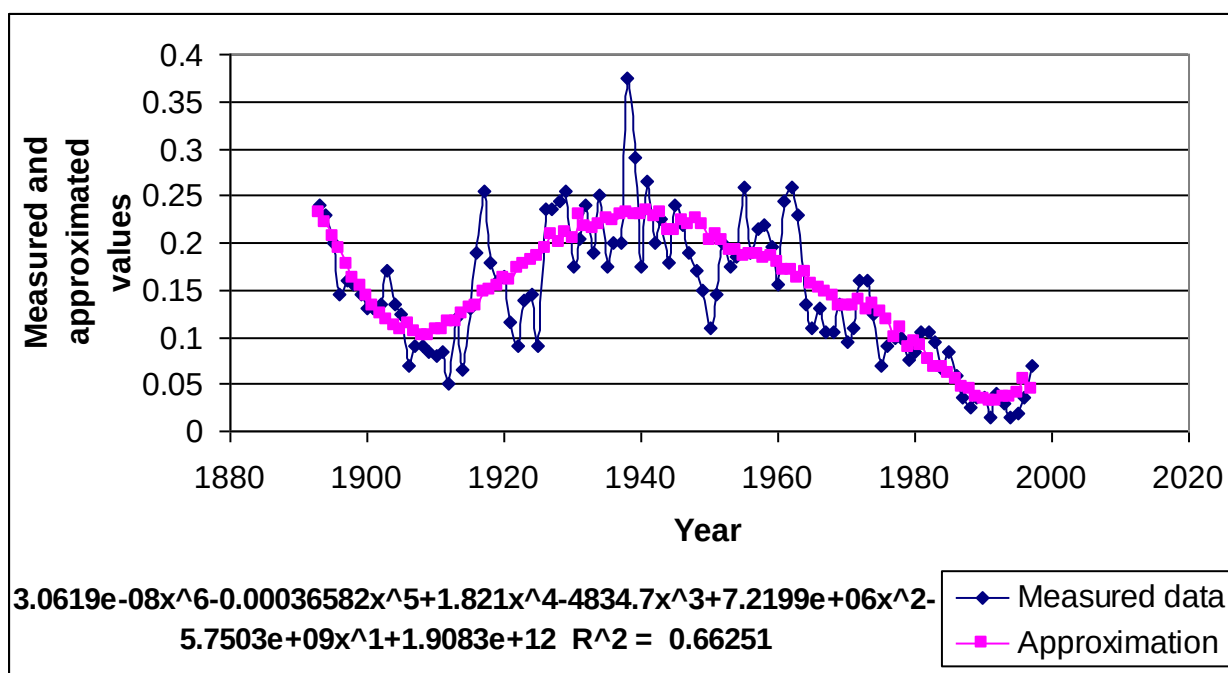
6. Резултати и обсъждане

6. 1. Пробовземане и обработка на дендрохронологичните редици от различни лесо-образователни дървесни видове в България.



Фиг. 1. Дендрохронологични проби

В таблици 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, и 9 (Приложения I - IV) са дадени полиномите, описващи изменението на индексите за растежния период на дендрохронологичните редици (фиг. 1) от сондираните дървета в различните локалитети (Приложение V).



Фиг. 2. Полиномна апроксимация на измерените ширини на годишните пръстени, примир с редица от *P. Sylvestris* L. (Западна Стара планина)

Растежът на изследваните дървета от черен бор се описва най-често с полином от 7-ма степен (Софийско), 7 и 8-ма степен (р-т Габра) и 6 и 7-ма степен (Беласица), а при белия бор - с полином от 6 до 9 степен.

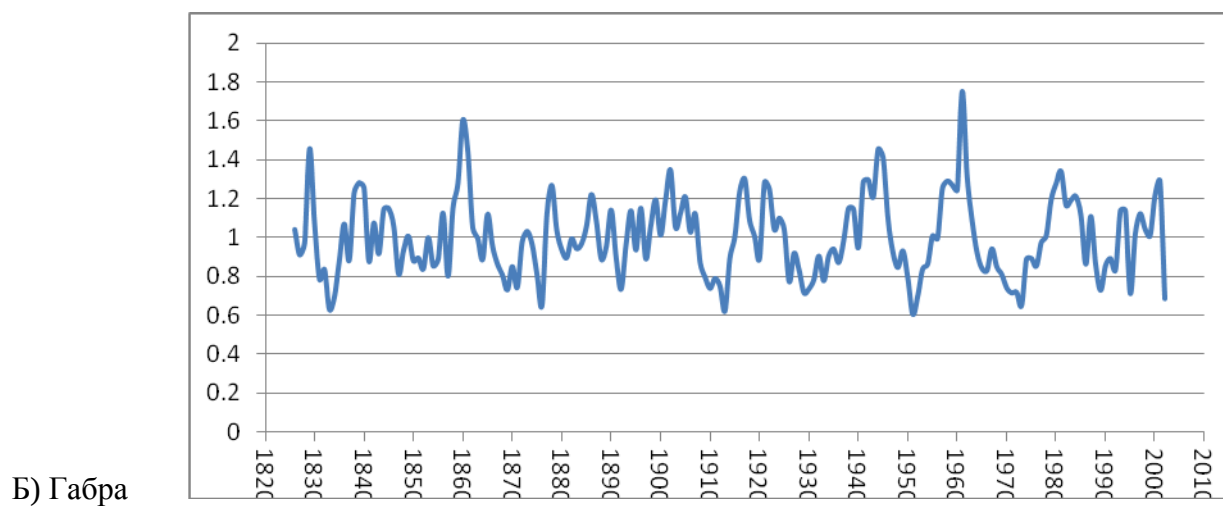
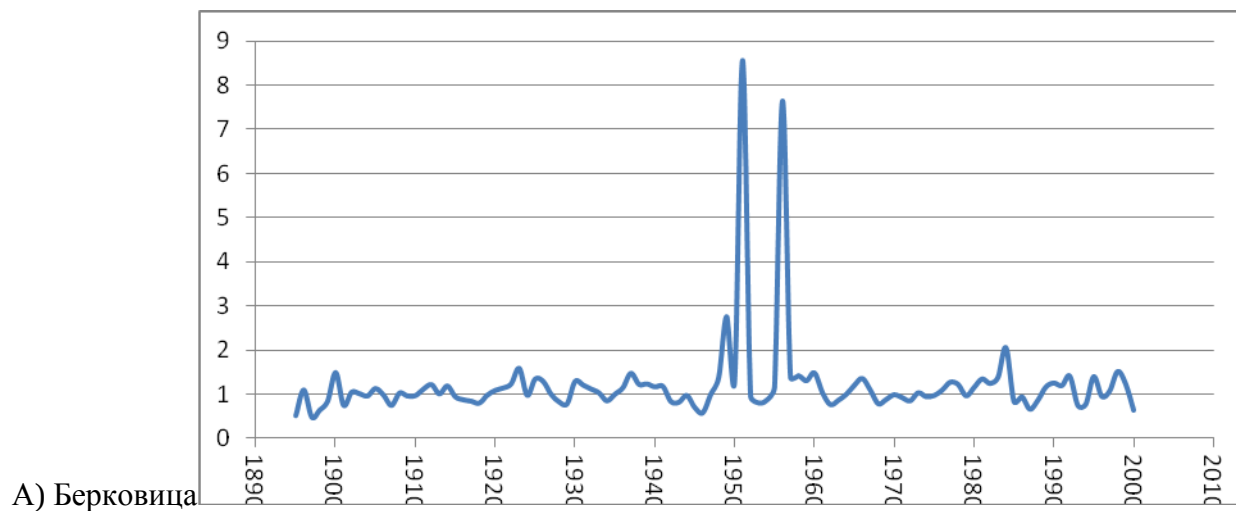
Растежът на изследваните дървета от бяла мура се описва с полиноми от по-висока степен - 9, 10 и 12, а при черната мура от 8-ма и 9-та степен.

Както се вижда при редиците на възраст около 100 г. растежът се описва с полиноми от 6-7 степен, при тези на възраст около 200 г. – 7-8 степен и около 600 г. – 9-12 степен. С увеличаване големината на периода се увеличава степента на получавания полином.

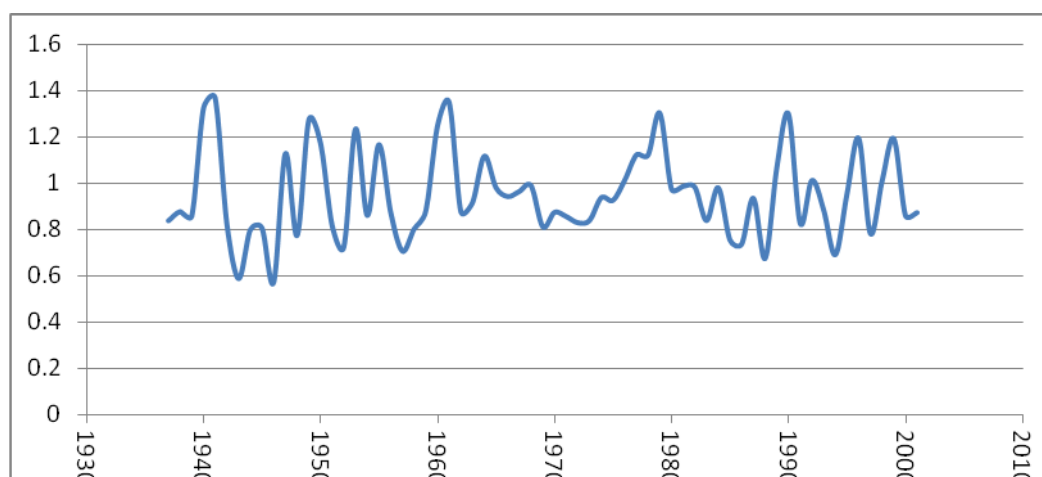
Изясняването на тази закономерност ще бъде обект на следващите изследвания.

Получената средна редица при черния бор включва периода 1894-2000 (107 г.); 1826-2001 (176 г.); 1937-2002 (66 г.), съответно от Витоша, р-т Габра и Беласица; при бялата и черната мура – 1370-2002 (633 г.) и 1721-2002 (282 г.) и при белия бор от Беласица - 1917-1988 (72 г.).

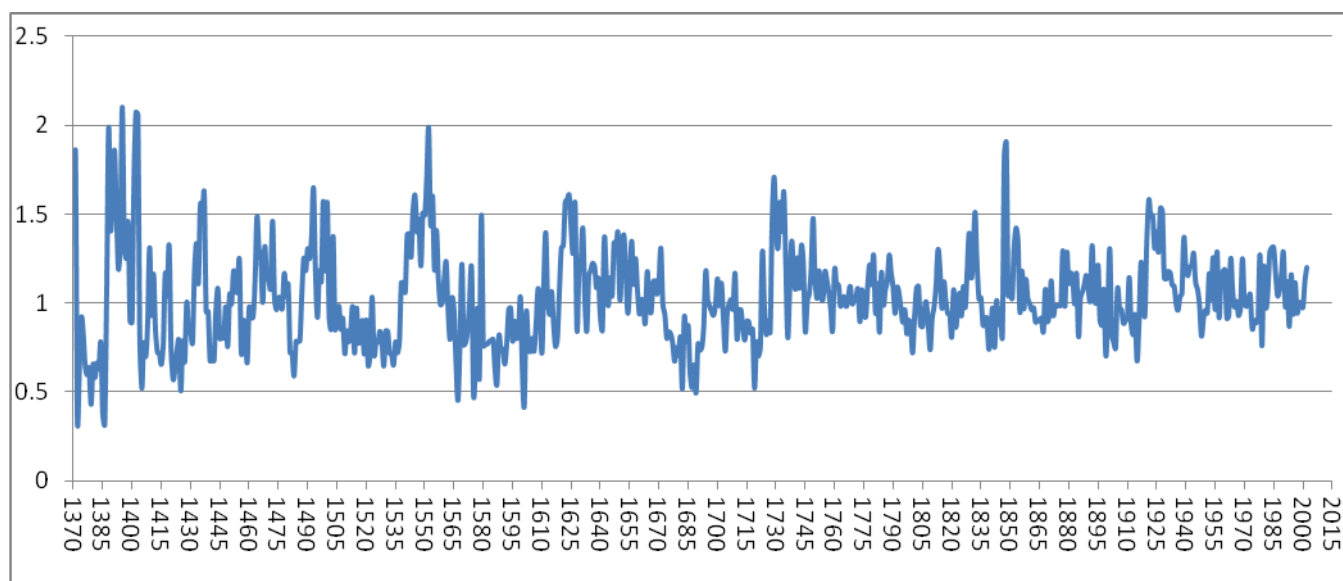
На фиг. 3 до 9 е показано изменението на стойностите на растежните индекси на получените средни моделни редици за съответния период. Годишите, при които стойността на индексите е под единица, са периодите с намален прираст на стъблото, което е свързано с негативното влияние на факторите на средата.



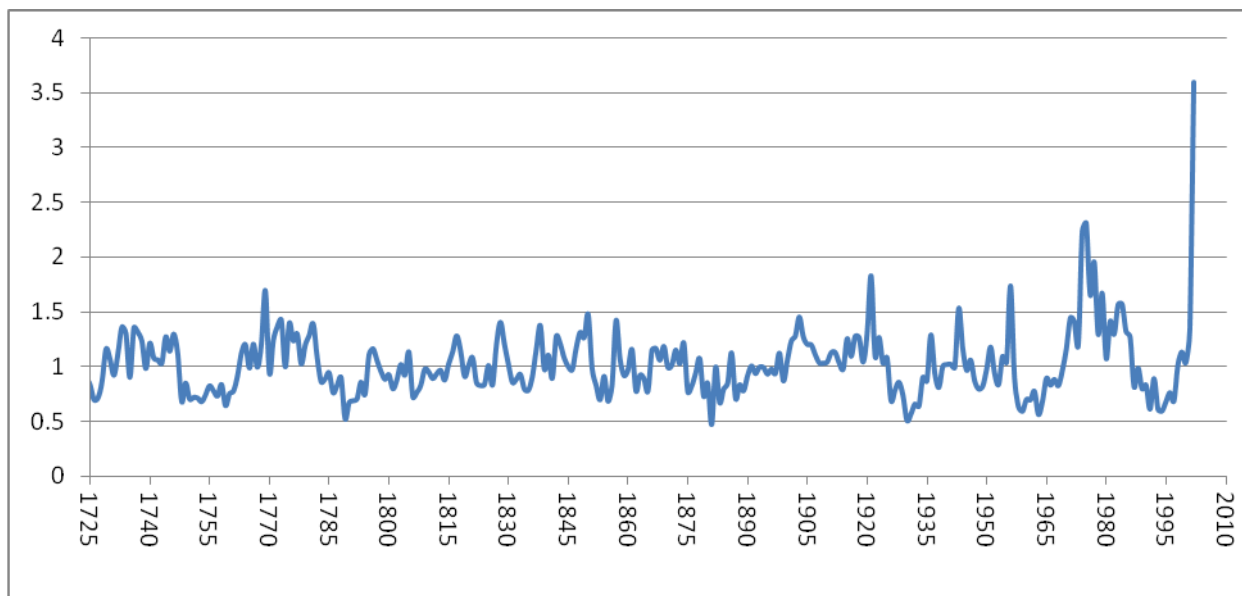
В) Беласица



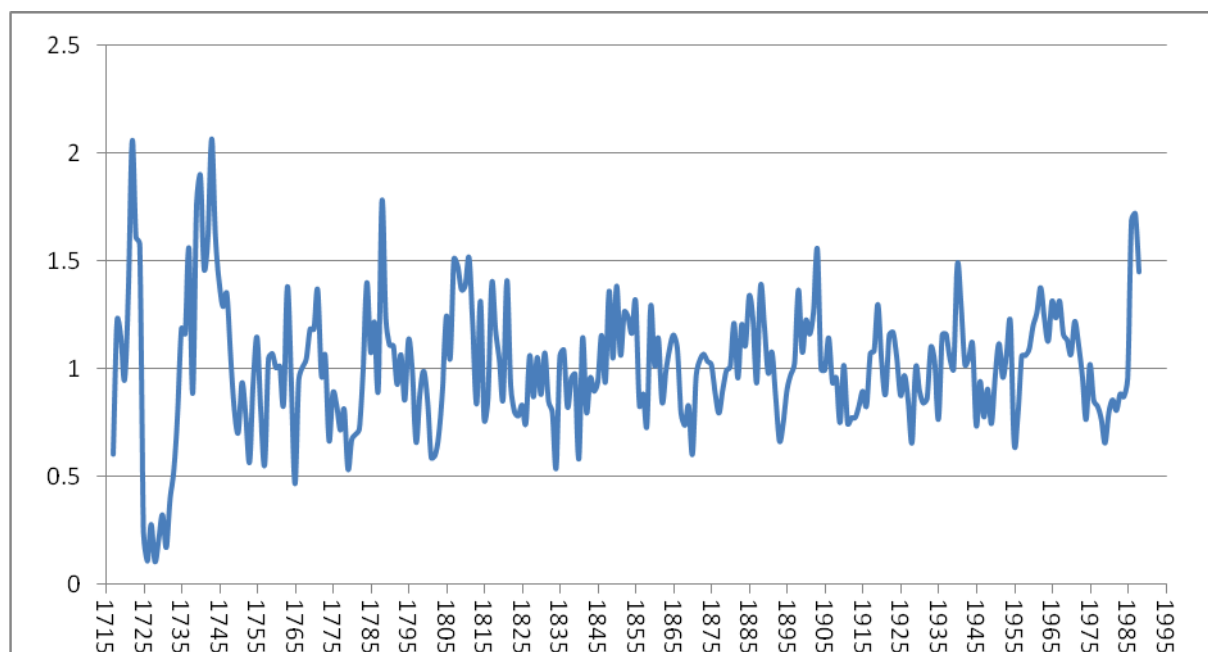
Фиг. 3. Динамика на индексите на средната моделна редица за *Pinus nigra* Arn.



Фиг. 4. Динамика на индексите на средната моделна редица за *Pinus peuce* Griseb., Пирин



Фиг. 5. Динамика на индексите на средната моделна редица за *Pinus peuce* H.Christ., Пирин



Фиг. 6. Динамика на индексите на средната моделна редица за *Pinus sylvestris*

6.2. Анализ на стресовите периоди

Анализът на стресовите периоди е извършен за средните редици от индекси на видовете от отделните локалитети.

Обобщаването на анализа на стресовите периоди за черния бор води до идентифицирането на общите сечения на стресовите периоди, т.е. тези стресови периоди, свързани с обща посока на изменение на климата – табл. 10. Установените стресови сечения при ч. бор от Витоша са 53, от р-т Габра – 95 бр. и Беласица - 30 бр., а общите за трите локалитета сечения са 26. Средната амплитуда варира от 0.06 до 0.29.

**Табл. 10. Общи сечения на стресовите периода
за трите локалитета при черния бор**

№	Сечения (год.)		Cardinality	Coverage (%)	Ср. амплитуда
1	1895	1895	2	100	0,27
2	1897	1897	2	100	0,31
3	1909	1910	2	100	0,13
4	1928	1929	2	100	0,21
5	1934	1934	2	100	0,12
6	1937	1937	2	66,67	0,09
7	1942	1946	2	66,67	0,25
8	1948	1948	2	66,67	0,19
9	1951	1951	2	66,67	0,29
10	1952	1952	3	100	0,21
11	1953	1953	2	66,67	0,18
12	1954	1954	3	100	0,14

13	1956	1956	2	66,67	0,06
14	1962	1963	2	66,67	0,14
15	1965	1967	2	66,67	0,08
16	1968	1972	3	100	0,16
17	1973	1973	2	66,67	0,25
17	1974	1975	3	100	0,07
19	1985	1985	2	66,67	0,21
20	1986	1986	3	100	0,15
21	1987	1987	2	66,67	0,20
22	1988	1988	3	100	0,20
23	1991	1991	2	66,67	0,14
24	1993	1994	2	66,67	0,23
25	1995	1995	2	66,67	0,17
26	2000	2000	2	66,67	0,25

При бялата мура са установени 46 стресови периода, като амплитудата им варира от 0.07 до 0.31. Преобладаващата кардиналност е 2 и покритието е високо - от 67 до 100% - табл. 11.

Табл. 11. Общи сечения на стресовите периода при бялата и черната мура в Пирин

<i>Pinus peuce</i>				
Intersection, y		Cardinality	Coverage, %	Average amplitude
1606	1606	2	100	0.2735
1678	1679	2	100	0.2912
1682	1682	2	100	0.4849
1687	1689	2	100	0.4453
1704	1704	2	100	0.2723
1719	1719	2	100	0.4809

1721	1722	2	100	0.2739
1800	1800	2	50	0.4529
1804	1804	2	50	0.4648
1805	1805	2	50	0.2502
1809	1810	2	50	0.3356
1811	1811	2	50	0.3761
1815	1815	2	50	0.2979
1819	1819	2	50	0.2777
1820	1820	2	50	0.4143
1822	1823	2	50	0.3914
1825	1825	2	50	0.4184
1835	1835	2	50	0.2741
1837	1838	2	50	0.4142
1839	1839	3	75	0.4042
1841	1841	2	50	0.3167
1842	1842	2	50	0.4519
1846	1846	2	50	0.4476
1850	1850	2	50	0.4097
1857	1857	2	50	0.3645
1864	1864	2	50	0.2729
1867	1867	2	50	0.3638
1869	1870	2	50	0.2756
1873	1873	3	75	0.3304
1876	1876	2	50	0.2829
1891	1891	2	50	0.2628
1897	1897	2	50	0.3319
1898	1898	2	50	0.2652
1899	1899	4	100	0.2987
1902	1905	2	50	0.4676
1907	1908	2	50	0.3845
1909	1909	2	50	0.3394
1912	1912	3	75	0.2447
1913	1913	2	50	0.3087
1915	1915	3	75	0.392
1935	1935	2	50	0.2783
1948	1948	3	75	0.2391
1949	1950	2	50	0.3534
1972	1972	2	50	0.2576
1977	1977	2	50	0.2817
1979	1979	3	75	0.3146
<i>Pinus helriechi</i>				
1794	1794	2	100	0.2004
1806	1806	2	100	0.2306
1853	1853	2	100	0.2794
1855	1855	2	100	0.2347

1865	1865	2	100	0.2129
1875	1875	2	100	0.2089
1881	1881	2	100	0.5184
1883	1883	2	100	0.2580
1887	1887	2	100	0.3582
1889	1889	2	100	0.2306
1926	1926	2	100	0.2985
1930	1931	2	100	0.3439
1933	1933	2	100	0.3247
1959	1959	2	100	0.3881
1963	1963	2	100	0.2796
1991	1991	2	100	0.5228
1993	1995	2	100	0.2741
1997	1997	2	100	0.2669

При белия бор са установени също 46 общи стресови периода като те са с по-висока кардиналност – от 2 до 5 и кардиналност от 67 до 100%. Амплитудата също е по-голяма от тази при двете мури и с по-голямо вариране от 0.2 до 0.7 – табл. 12.

**Табл. 12. Общи сечения на стресовите периода
при белия бор**

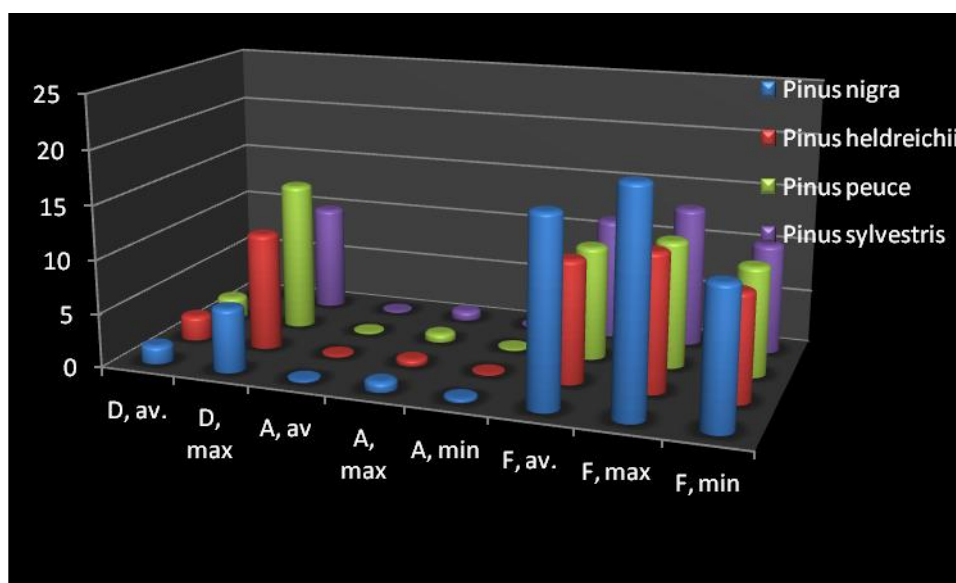
Intersection, y		Cardinality	Coverage, %	Average amplitude
1717	1717	3	100	0.5248
1725	1733	3	100	0.7480
1734	1734	2	66.67	0.7432
1750	1750	3	100	0.3072
1752	1752	2	66.67	0.4182
1753	1753	3	100	0.2322
1756	1757	3	100	0.3334
1765	1765	3	100	0.5094
1774	1774	3	100	0.3371
1777	1777	3	100	0.2849
1779	1782	3	100	0.3506
1797	1798	3	100	0.3677
1800	1800	2	66.67	0.2454
1801	1802	4	100	0.5084
1803	1803	3	75	0.3801
1813	1813	2	50	0.2143
1815	1816	3	75	0.3018
1823	1823	3	60	0.2353
1824	1824	4	80	0.2453
1825	1825	3	60	0.3114

1826	1826	4	80	0.3460
1833	1833	3	60	0.4497
1834	1834	5	100	0.2294
1840	1840	5	100	0.4002
1867	1867	3	60	0.3753
1868	1868	4	80	0.3020
1869	1869	3	60	0.2657
1870	1870	4	80	0.3270
1893	1893	5	100	0.2474
1894	1894	4	80	0.2474
1909	1909	3	60	0.2974
1911	1911	4	80	0.2057
1912	1916	3	60	0.3198
1928	1928	5	100	0.3128
1931	1932	3	60	0.2672
1935	1935	4	80	0.2376
1947	1947	3	60	0.2501
1949	1949	4	80	0.2690
1955	1955	5	100	0.3298
1956	1956	4	80	0.3091
1974	1974	3	60	0.3988
1978	1978	3	60	0.3739
1979	1979	4	80	0.4291
1980	1980	3	60	0.2414
1982	1982	2	100	0.2047

В таблица 13 са дадени характеристиките на общите стресови периоди по видове и локалитети, съответно средните и максималните стойности на дължината, амплитудата, честотата на периодите и броят на неблагоприятните години – топли и сухи (**AWD**), студени и влажни (**ACW**), топли и влажни (**AWW**) и студени и сухи (**ACD**), които са предизвикали появата на периоди с понижен растеж при изследваните дървета в зависимост от техните екологични особености.

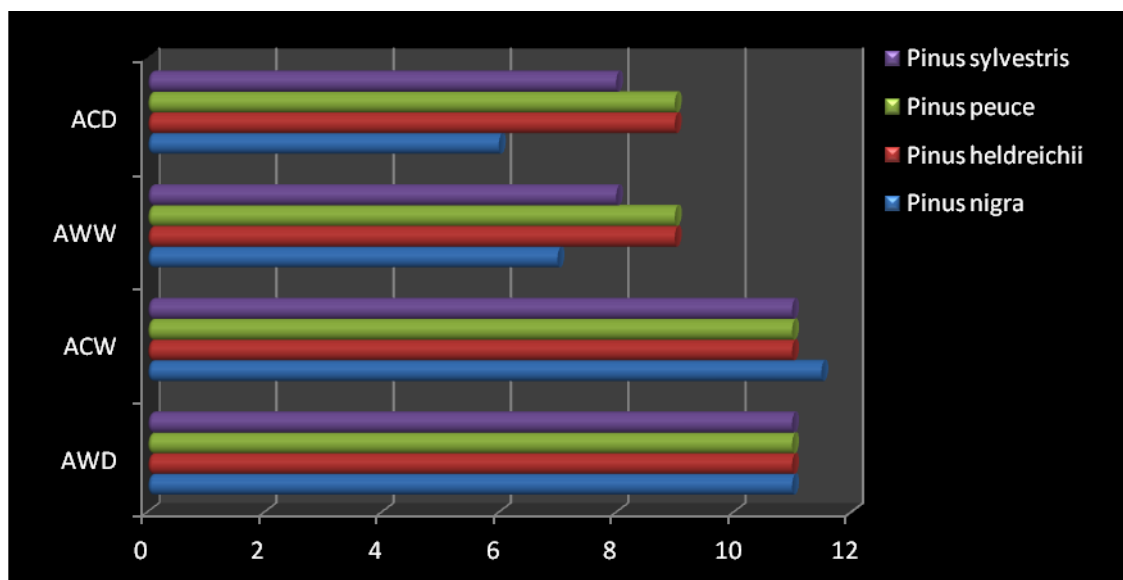
Табл. 13. Особености на стресовите периоди и неблагоприятни години

Вид	Продължителност, y		Амплитуда			Честота за 100 г.			Неблагоприятни години			
	Aver.	Max	Aver.	Max	Min	Aver.	Max	Min	AWD	ACW	AWW	ACD
<i>Pinus nigra</i>	1.61	4	0.239	1.400	0.859	19.92	21.54	16.95	10	13	7	8
<i>Pinus nigra</i>	1.50	5	0.236	0.724	0.184	17.50	20.55	11.43	12	11	7	6
<i>Pinus nigra</i>	1.91	8	0.243	0.729	0.216	15.70	19.84	12.70	11	11	6	4
<i>Pinus nigra</i>	1.81	8	0.264	0.935	0.166	16.16	19.51	10.11	11	11	6	4
<i>Pinus heldreichii</i>	2.35	11	0.210	0.622	0.173	11.38	12.77	10.00	11	11	9	9
<i>Pinus peuce</i>	2.11	14	0.214	0.819	0.203	10.63	11.85	10.22	11	11	9	9
<i>Pinus sylvestris</i>	2.05	10	0.214	0.917	0.174	11.33	13.09	10.33	11	11	8	8



Фиг. 7. Сравнителен анализ на особеностите на стресовите периоди при изследваните дървета

Сравнителният анализ на стресовите периоди (фиг. 7) показва, че при черния и белия бор се наблюдава най-голяма честота на стресовите периоди, при белия бор, бялата мура и черния бор – стресовите периоди са с най-голяма амплитуда и при бялата мура – с най-голяма продължителност.



Фиг. 8. Типове дървета според значението за растежа на неблагоприятните години

Влиянието на неблагоприятните години върху растежа на изследваните дървета се описва с броя на стресовите периоди, провокирани от тези години (фиг. 8). Очертават се две групи:

I. Основна неблагоприятна година – ACW и намаляващо неблагоприятно влияние на останалите години.

Сравнително влияние на неблагоприятните години:

$ACW > AWD > AWW > ACD$ - *Pinus nigra*

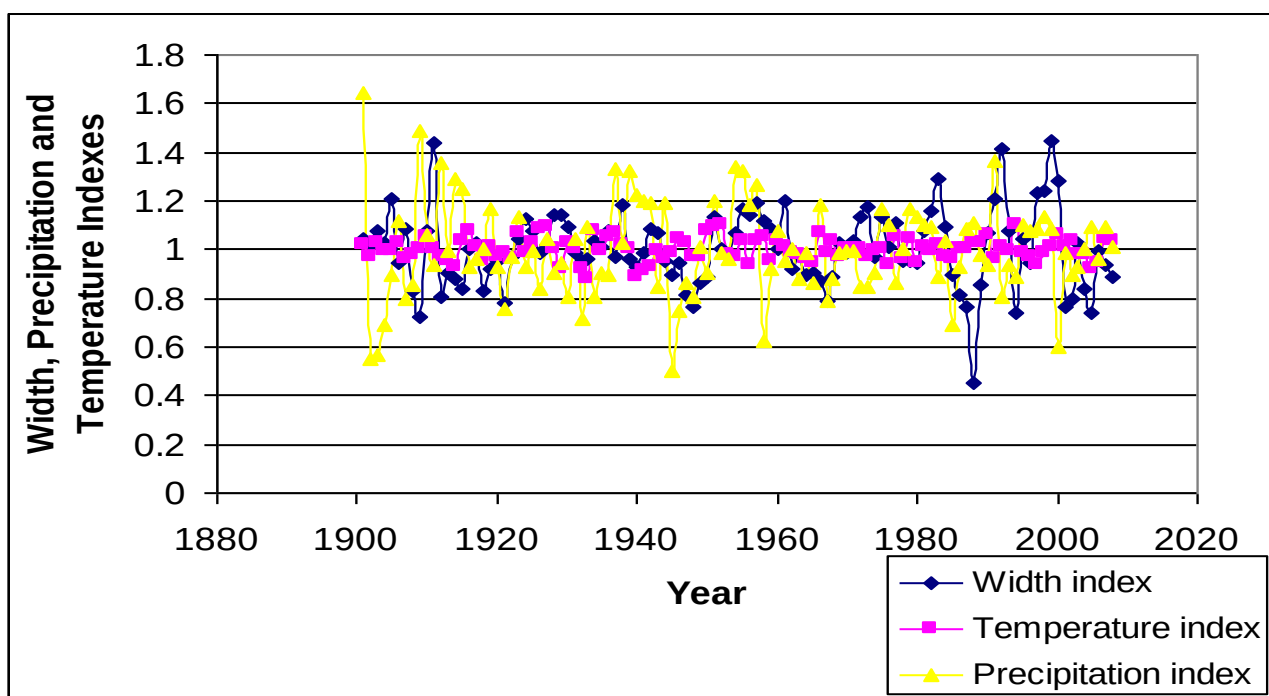
II. Основна неблагоприятни години с равнозначно значение: AWD, ACW и по-слабо равнозначно значение на AWW и ACD.

Сравнително влияние на неблагоприятните години:

$AWD=ACW>AWW=ACD$ – *Pinus peuce*, *P. heldreichii*, *Pinus sylvestris*.

Съвместният регресионен анализ на растежния, температурния и валежния индекс (фиг. 9) показва почти синхронно изменение на трите индекса и доказва определящото влияние на климата върху периодите с понижен растеж.

Напр. установените неблагоприятни топли и сухи години (AWD) по частични климатични данни за локалитетите (средномесечни температури на въздуха и средномесечни суми на валежите) при регресионен анализ са: 1934, 1935, 1945, 1946, 1950, 1958, 1966, 1967, 1968, 1970, 1975, 1979, 1993 и 1994. Установените неблагоприятни студени и влажни години (ACW) съответно са: 1963, 1973, 1978, 1980, 1996, 1997 и 1998, т.е. около 39% от общите стресови сечения са свързани с посочените неблагоприятни години. Процентът се получава при анализа на климатични данни само за периода 1930-2000 г. и само за 2-та типа климатични години. При пълна климатична редица и обхващането на 4-те типа неблагоприятни години съпадението ще бъде над 50%.



Фиг. 9. Динамика на растежния индекс за *Pinus sylvestris* L., индекса на валежите и температурния индекс в Западна Стара планина

От направения сравнителен анализ на стресовите периоди (табл. 2) и сравняването на получените средни стойности с тези, посочени в направената предварителна класификация (Lyubenova, 2010), изследваните видове могат да се отнесат към определени смесени групи по особености на стресовите си периоди (табл. 14).

Първата група - F2D1A2 включва дървета с ниска честота, много малка продължителност и малка амплитуда на стресовите периоди (по скалите). В тази група попада *P. nigra* от изследваните локалитети.

Втората група - F2D2A2 включва дървета с ниска честота, малка продължителност и малка амплитуда на стресовите периоди. В тази група попадат *P. heldreichii*, *P. peuce* и *P. sylvestris* от изследваните локалитети.

Табл. 14. Предварителна класификация на изследваните дървета според особеностите на периодите с понижен растеж на стъблото – стресови периоди*

	№	Value	Group	Species	Mixed Group	Species
F for 100 years	1	< 10	Very low		F2D1A2	<i>P. nigra</i>
	2	10 - 20	Low	<i>P. heldreichii, P. peuce, P. nigra, P. sylvestris</i>	F2D2A2	<i>P. heldreichii, P. peuce, P. sylvestris</i>
	3	20 - 30	High			
	4	< 30	Very high			
D, y	1	> 2	Very short	<i>P. nigra</i>		
	2	2 - 4	Short	<i>P. peuce, P. heldreichii, P. sylvestris</i>		
	3	4 - 6	Long			
	4	< 6	Very long			
A	1	> 0.2	Very slight			
	2	0.2 - 0.4	Slight	<i>P. heldreichii, P. peuce, P. nigra, P. sylvestris</i>		
	3	0.4 – 0.5	Strong			
	4.	< 0.5	Very strong			

*Класификационния подход е докладван на работна среща на WG3 от COST Action ES0805. (Lyubenova et al. 2010).

7. Изводи и заключение

1. Направеният дендрохронологичен анализ на моделни дървета на четири вида от *p. Pinus* от шест локалитета в страната показва, че растежа може да се моделира с полиномиална зависимост от 6 до 9 степен при висока стойност на R^2 .

От направеният регресионен анализ на индексите на растежа на средните редици, температурните и валежни индекси се установи, че върху динамиката на растежа и продукцията на горите от изследваните видове до голяма степен (над 50%)

Влияят климатичните условия.

2. Установените чрез регресионен анализ на климатичните данни и чрез очертаването на динамиката на валежните и температурни индекси четири типа неблагоприятни години имат различно значение за динамиката на растежа при изследваните иглолистни вида от р. *Pinus*, поради различни екологични особености на отделните видове. Във връзка с това се очертават 2 групи:

- Дървета, при които най-силно неблагоприятно влияят студените и влажни години, а останалите типове формират намаляваща според значението си за растежа редица от типа:

$$ACW > AWD > AWW > ACD$$

Към тази група се отнася *Pinus nigra*.

- Дървета, при които топлите и сухи години и студените и влажни години имат еднакво и по-голямо негативно влияние от топлите и влажни и студените и сухи години:

$$AWD = ACW > AWW = ACD$$

Към тази група се отнасят: *Pinus peuce*, *P. heldreichii*, *Pinus sylvestris*.

3. Според установените характеристики на стресовите периоди изследваните моделни дървета и техните съобщества попадат в две групи: F2D1A2 и F2D2A2. В първата група – стресовите периоди са с ниска честота, много ниска продължителност и малка амплитуда - попада *P. nigra*, а към втората група – стресовите периоди са с ниска честота, ниска продължителност и малка амплитуда - *P. heldreichii*, *P. peuce*, *P. sylvestris*. Всичко това означава, че горите в изследваните локалитети не са в рисково състояние.

При при черния бор се наблюдава най-голяма честота на стресовите периоди, при белия бор – стресовите периоди са с най-голямата амплитуда и при бялата мура – с най-голямата продължителност.

Направените изследвания могат да служат за идентифициране на най-уязвимите и най-устойчивите видове дървета в различните локалитети в условията на климатичните промени.

Получените резултати могат да послужат за мониторинг на изменението на факторите на средата и прогноза на състоянието на горската растителност.

8. Използвана литература:

1. Асенов, А. 2001. Обща биогеография. Университетско издателство “Св.Климент Охридски“, с. 297.
2. Бондев, И. 1991. Растителност на България, карта М:1:600000. Университетско издателство “Св. Климент Охридски“, с. 183 .
3. Брощилова,М.2008. Растеж и продуктивност на смесени култури от дъбове и черен бор в Бургаския регион, Наука за гората. КН 3.,27-39.
4. Вакарелов,И.1984. Дендрохронологично проучване на клека от Ястребишкия дял на Рила планина, Балканска научна конференция. Проучване, опазване и използване на горските ресурси. Съюз на научните работници в България,София, том 1,232-237
5. Велев, Ст. 2002. Климатично райониране- География на България. Физическа география. ФорКом, София, 155-157
6. Гроздев,О.1994. Дендрохронологичен анализ на насажденията от бяла мура в местността „ Икрище ”- Пирин, Сборник- юбилейна научна конференция. БАН-Институт за гората. 02-03.06, том 2, 110-115
7. Златанов,Ц., 2006. Влияние на отгледните сечи върху състава и структурата на подраста в култура на черен бор, Наука за гората. КН 3., 35-57
8. Коларов, Д.,2002. Интензивен мониторинг на горските екосистеми. Изд.къща при Лесотехнически университет, София ,159
9. Любенова, М. 2004. Фитоекология. Академично издателство Марин Дринов, София, 573
10. Любенова, М. 2009. Ръководство по функционална биоценология. Ан-Ди, София, 1-80

11. Нинов, Н. 2002. Почвено географско райониране- География на България. ФорКом, София, 300-303
12. Станкова,Т.,2005. Модел за контролиране гъстотите на черноборовите култури в България,Наука за гората. КН 3.,29-59
13. Станкова,Т.,2007. Проверка и доказване на моделите за контролиране на гъстотата на бялборови култури, Наука за гората. КН 4., 31-45
14. Цоков, Хр., 2006. Лесовъдско-дендрометрична структура на естествените иглолистни дендроценози в Рило-Родопския масив, Наука за гората. КН 1.,41-53
15. Amorini, M. Biocca, MC. Manetti, E. Motta, A dendroecological study in a declining oak coppice stand, 731-742
16. Bebbier, D.P., S.C. Thomas, W. G. Cole, D. Balsillie, 2004. Trees - Structure and Function. v.18, N1, 29-34.
17. Cook, Leonardas Kairiukstis, 1990, Methods of Dendrochronology: Applications in the environmental sciences, 1-394
- 18.** Chikalanov, A., M. Lyubenova. 2010. Application of Neural Networks, Genetic algorithms and Multivariate statistics for Ecosystem Classification and Modeling. COST ES0805 “Modelling in plant ecology”, Madrid, 17-19, 11.2010. <https://sites.google.com/site/wg3docs/home/presentationsmp4terra>
19. Chikalanov, A., M. Lyubenova, S.Stoyanov. 2010. Classification oriented databases for facilitating plant and terrestrial modeling. 1-st TERRABITES Symposium, February 9-11, Hamburg, Germany, 39.
20. Chikalanov, A., M. Lyubenova, S. Stoyanov. 2010. Classification oriented database and semantic web for plant and terrestrial modelling and information exchange. International workshop of WG3 of COST Action ES0805Terrabites “Going beyond Plant Functional Types: Next-Generation Concepts In Plant Ecological Modelling”, Bulgaria, Varna, 23-25, 06. 2010.

21. Chikalanov, A., V. Sergey, M. Lyubenova. Application of Neural Network and SOM for Oak Ecosystems Classification by Structural and Functional Parameters. 2012. –In: Abstract Book “Modelling the terrestrial biosphere: From Ecological Processes to Remote Sensing Observations”, 2nd TERRABITES Symposium ESA/ESRIN, Frascati, Italy 6-8 February, 39 p.
22. Dapao Yu, Qingli Wang, G. Geoff Wang and Limin Dai, 2006. Science in China Series E: Technological Sciences. Volume 49, Supplement 1, 150-159
23. Dimitrov, D., Raev, I., Mirtchev, S., Zafirov, N. (2003): Chronology of tree ring series of *Fagus sylvatica* L. from Berkovitsa State Forest Enterprise – Western Balkan Range. Proceedings: 75 years of the Forest research institute, I, 29-35, Sofia.
24. Dimitrov, D., Zlatanov, T., Raev, I., Stoyanova, N. and Miteva, S., 2011. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) response to climate changes and thinning activities: a tree-ring study from South-east Rila Mountain, Bulgaria., *Sylva Balcanica*, 12(1): 63-70
25. Eckstein D., Tree Ring Bulletin, 1972, Tree Ring Research in Europe, vol32, 1-2, 11-12
26. Eizi Suzuki, 1990. Journal of Plant Research, Volume 103. Number 3. 297-312
27. Fritts, H.C. 1991. Tucson University of Arisona Press, USA
28. Harri Mäkinen, Pekka Nöjd and Kari Mielikäinen, 2000. Trees - Structure and Function, Volume 15., Number 3, 177-185
29. Joana Vieira, Filipe Campelo and Cristina Nabais, 2009. Trees - Structure and Function., Volume 23, Number 2, 257-265
30. Kohler, Julia Sohn, Gregor Nägele and Jürgen Bauhus, European Journal of Forest Research, 2010, Volume 129, Number 6, 1109-1118
31. Kuang, Guoyi Zhou and Dazhi Wen, 2009, Frontiers of Forestry in China, Volume 4, Number 1, 1-6
32. Kurt Nicolussi, Sigmar Bortenschlager and Christian Körner, 1994. Trees - Structure and Function, Volume 9, Number 4, 181-189

33. Lavorel,S., S.Diaz, J.Hans, C. Roumet, K. Urcelay,2007. Plant functional types.339&149-159
34. Lyubenova,M., Alexandrov,A.,1999. Phytoecological Research of Spruce and Beech Tree Communities in Boishte Site, West Balkan Range, Bulgaria Journal of Balkan ecology, 74-80
35. Lyubenova,M., Asenova,A.,2005. Dendrochronological Investigation in Sokolata reserve, Malashevskia mountain. In : Proceedings of the first National Ecological Conference on Biodiversity, Ecosystems and Global changes,Sofia,4, November, 2004, 145-155
36. Lyubenova, M., A. Asenova. 2005. Indicatory Significance of Early and Late Wood of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn. Located in Sofia Region, Bulgaria. Journal of Balkan Ecology, vol. 8, N 1, 47-55.
37. Lyubenova, M., A. Chikalanov. 2010. Application of ecosystem approach for modeling, functional diagnostics and prognostics of ecosystem behavior. 1-st TERRABITES Symposium, February 9-11, Hamburg, Germany, 40.
38. Lyubenova, M., A. Chikalanov, R. Fantucci. 2010. Studies of trees stress periods as PFTs variables for assessment and prognostics. International workshop of WG3 of COST Action ES0805 Terrabites “Going beyond Plant Functional Types: Next-Generation Concepts In Plant Ecological Modelling”, Bulgaria, Varna, 23-25, 06. 2010. “Going beyond Plant Functional Types: Next-Generation Concepts In Plant Ecological Modelling”, Bulgaria, Varna, 23-25, 06. 2010.
39. Lyubenova, M., A. Chikalanov. 2010. Software implementation for stress period studies applied to dendrocronological analyses of g. *Quercus* L. Comptes rendus de l’Academie bulgare des Sciences,t.63,3, 409-418. **IF=0.206**

40. Lyubenova, M., A. Chikalanov, S. Stoyanov. 2012. Functional Types of Trees (PFTs) as Traits of Low Stem Growth Periods (Stress Periods). –In: Abstract Book “Modelling the terrestrial biosphere: From Ecological Processes to Remote Sensing Observations”, 2nd TERRABITES Symposium ESA/ESRIN, Frascati, Italy 6-8 February, 28 p.
41. Lyubenova, M., R. Nedkov, A. Chikalanov, I. Ivanova, N. Georgieva, V. Lyubenova. 2012. Ecological Space Modeling of Forest Ecosystems and their Dynamics in three Mountains of Bulgaria. –In: Abstract Book “Modelling the terrestrial biosphere: From Ecological Processes to Remote Sensing Observations”, 2nd TERRABITES Symposium ESA/ESRIN, Frascati, Italy 6-8 February, 38 p.
42. Lyubenova, M., N. Nikolov, Sv. Bratanova-Dontcheva, T. Nedjalkova. 2006. Phytoecological investigation of *Picea abies* (L.) Karst. from the Western Balkan mountains - biosphere reserve "Chouprene". - In: Annual of University of Shoumen "Episkope K. Preslavski", т. XIV B4 Nature Sciences, University Publisher, 89-102.
43. Lyubenova, M. Dimova H. R. Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski” Faculty of Biology, Book 2, Botany, Volume 91, 2000, Contents of Heavy Elements in Some Dendromass Fractions From the Forest Ecosystems in the Region of Etropole 129-138
44. Mäkinen, Pekka Nöjd and Kari Mielikäinen, 2000, Trees - Structure and Function, Volume 15, Number 3, 177-185
45. Malle Mandre, Aljona Lukjanova, Henn Pärn and Kadri Kõresaar, 2010. Trees - Structure and Function, Volume 24, Number 6, 1073-1085
46. Marcin Koprowski and Adomas Vitas, 2010. The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview, 3, 327-340
47. Marcin Koprowski and Andrzej Zielski, 2006. Trees - Structure and Function, Volume 20, Number 3, 383-390
48. Marcin Koprowski and Adomas Vitas 2010, The Polish Climate in the European Context: An Historical Overview, 3, 327-340
49. Masaki Sano, Fumito Furuta and Tatsuo Sweda, 2010. Journal of Forest Research, Volume 15, Number 4, 234-240

50. Martin Kohler, Julia Sohn, Gregor Nägele and Jürgen Bauhus, 2010. European Journal of Forest Research, Volume 129, Number 6, 1109-1118
51. Meshinev T.et.al , Phytoecologia, Berlin-Stuttgart, 2000, 431-438
52. Mirchev ,S., Lyubenova,M., Chikalanov, A..2000. Dendrochronology- a short course, Pensoft
53. Mirtchev, S., M.Lyubenova, A. Shikalanov. 2008. Climate reconstruction from oak tree-ring records in Southwestern Bulgaria for the last 200 years. Journal of Balkan Ecology, Vol. 11, No 3., 419-427
54. Mélanie Saulnier, Jean-Louis Edouard, Christophe Corona and Frédéric Guibal, 24.02.2011. Annals of Forest Science. Online First™
55. Meshinev T.et.al , 2000. Phytoecologia, Berlin-Stuttgart, 431-438
56. Panayotov, M., Kulakowski, D., Laranjeiro, D.S. and Bebi, P. 2011. Wind disturbances shape old Norway spruce-dominated forest in Bulgaria. Forest Ecology and Management, in press, doi:10.1016/j.foreco.2011.04.13
57. Panayotov, M., Dimitrov, D. and Yurukov, S. (2011). Extreme climate conditions in Bulgaria - evidence from *Picea abies* tree rings. Sylva Balcanica 12(1): 37-46
58. Panayotov, M., Bebi, P., Trouet, V., and Yurukov, S. (2010) Climate signal in tree-ring chronologies of *Pinus peuce* and *Pinus heldreichii* from the Pirin Mountains in Bulgaria. Trees - Structure and Function, 24: 479-490, DOI: 10.1007/s00468-010-0416-y
59. Panayotov, M.P. and Yurukov, S. (2007) Tree ring chronology from *Pinus peuce* in Pirin Mts and the possibilities to use it for climate analysis. Phytologia Balcanica, 13(3): 313-320
60. Panayotov M., S. Yurukov (2005): Dendroecological analysis of the influence of strong winds and snow accumulation on the growth of trees at the treeline in Vitosha Mountain, Bulgaria. Proceedings of the "Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology (TRACE 2005)" Conference, April 21st-23d 2005, Fribourg, Switzerland: 164-173
61. Qiufang Cai and Yu Liu, 2007. Journal of Geographical Sciences, Volume 17, Number 3, 293-303

62. Roumenina, E., V. Dimitrov, E. Ivanov. 2003. Spatial Model of Ecosystem Changes in Chouprene Region, West Balkan Mountains. Bulgaria. Journal of Balkan Ecology. Volume 6. № 1. Publ. By PublishScieSet-Eko. pp. 64-76.
63. Savva and E. A. Vaganov, 2006, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Volume 11, Number 1, 269-290
64. Sano, M., F. Furuta, T. Sweda. 2010. Journal of Forest Research, v.15, N 4, 234-240
65. Samuli Helama, Matti Vartiainen, Taneli Kolström, Heli Peltola and Jouko Meriläinen, 2008. Vegetation History and Archaeobotany, Volume 17, Number 6, 675-686
66. Serdar Carus, 2004. Phytoparasitica, Volume 32, Number 5, 459-469
67. Shishkov, T., 2002. Trace Elements in Cambisols Located in South-eastern Rhodope Mountains under *Pinus silvestris*, Journal of Balkan Ecology. vol 5. №2, 177-179
68. Todorov, T., 1999. Prediction and Comparison of Air Pollution Emissions from Electrical Power Plants in Bulgaria, Journal of Balkan Ecology. vol 2. №3, 87
69. Yurukova, L. 1997. Institute of Botany. Bulgarian Academy of Sciences. Mineral analysis of *Pinus heidreichii* wood, 473-476
70. Vakarelov I., S. Mirtchev, E. Kachaunova, N. Simeonova. (2001): Reconstruction of Summer Air Temperatures by Dendroclimatic Analysis of Macedonian Pine (*Pinus peuce Griseb.*) in Pirin mountain, Southwestern Bulgaria. Forestry ideas, 1-4, 16-27.
71. Vieira, Filipe Campelo and Cristina Nabais, 2009, Trees - Structure and Function, Volume 23, Number 2, 257-265
72. Zafirov, N. (2005): Dendroecological analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Vitosha Mountain, Bulgaria'. Proceedings of the "Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology (TRACE 2005)" Conference, April 21st-23d 2005, Fribourg, Switzerland

9. Приложения:

Табл. 2. Характеристика на стресовите периоди при *Pinus nigra* Arn.

Моделна редица	Период Год.		Брой на сеченията	Честота, бр./100г.	Амплитуда		Продължителност, год.				
					Средна	Максимална	Ср.	Максимална			
Берковица											
1	1900	2000	23	22,8	0,26	1918	0,77	2,3	1915	1920	1
2	1904	2000	17	17,5	0,27	1924	0,79	3,1	1982	1989	6
3	1899	2000	23	22,6	0,27	1901	0,88	2,3	1940	1948	8
4	1902	2000	18	18,2	0,25	1907	0,94	3,2	1917	1924	9
5	1904	2000	18	18,6	0,30	1918	0,76	2,5	1969	1975	9
6	1894	2000	21	19,6	0,33	1946	0,82	2,7	1940	1947	9
7	1908	2000	18	19,4	0,23	1928	0,67	2,5	1925	1931	9
8	1912	2000	15	16,9	0,28	2000	3,05	2,7	1966	1976	9
9	1908	2000	16	17,2	0,32	1953	0,69	2,6	1920	1928	11
10	1912	2000	15	16,9	0,25	1916	0,73	3,1	1925	1931	11
11	1947	2000	12	22,2	0,17	1949	0,57	2,4	1965	1969	11
13	1912	2000	14	15,7	0,32	2000	1,42	3,2	1962	1976	11
14	1910	2000	18	19,8	0,30	1952	0,77	2,4	1949	1954	15
15	1902	2000	26	26,3	0,30	1985	0,69	2,0	1982	1988	15
16	1914	2000	17	19,5	4,58	1955	0,94	2,8	1934	1939	15
17	1941	2000	11	18,3	0,29	1968	0,88	2,6	1982	1988	15
18	1942	2000	16	27,1	0,21	1950	0,46	1,8	1961	1965	15
19	1960	2000	9	22,0	0,26	1961	0,65	2,1	1971	1974	15
21	1947	2000	8	14,8	0,24	1950	0,56	3,3	1962	1968	15
<i>Ср. за локац.</i>	1894	2000	17	19,8	0,25	1955	0,94	2,6	1962	1976	15
Р-т Габра											
1	1841	2002	30	18,5	0,26	1954	0,73	3,0	1866	1876	1
2	1826	2002	28	15,8	0,24	2002	0,66	3,4	1925	1936	11
3	1844	2002	29	18,2	0,25	1930	0,57	2,7	1968	1977	12
4	1877	2002	16	12,7	0,22	1995	0,63	4,6	1965	1978	12
5	1835	1960	28	22,2	0,26	1951	0,63	2,3	1866	1871	14
6	1826	2002	36	20,3	0,23	1833	0,60	2,6	1864	1873	14
<i>Ср. за локац.</i>	1826	2002	28	18,0	0,24	1954	0,73	3,1	1965	1978	14
Беласица											
1	1943	2001	13	22,0	0,20	1994	0,61	2,4	1966	1973	1
2	1937	2001	13	20,0	0,28	1943	0,86	3,6	1980	1988	8
3	1955	2001	10	21,3	0,24	1956	0,48	2,6	1993	1997	9
<i>Ср. за локац.</i>	1937	2001	12	21,1	0,24	1943	0,86	2,9	1980	1988	9

<i>Ср. за вида</i>	1826	2002	19	19,6	0,33	1955	0,94	2,9	1962	1976	15
--------------------	------	------	----	------	------	------	------	-----	------	------	----

Табл. 3. Характеристика на стресовите периоди при *Pinus peuce Griseb.*, Пирин

Моделна редица	Период Год.		Брой на сеченията	Честота, год.	Амплитуда			Продъл жителност, год.			
					Средна	Макси мална		Средна	Максимална		
1	1370	2002	94	14,9	0,22	0,68	1386	3,4	1670	1701	1
2	1602	2002	70	17,5	0,20	0,62	1904	3,0	1894	1910	32
3	1749	2002	52	20,5	0,22	0,78	1799	2,6	1795	1807	32
4	1770	2002	30	12,9	0,21	0,82	1903	3,0	1902	1915	32
Av.per Location	1370	2002	61,5	16,4	0,21	0,82	1903	3,0	1670	1701	32
Av.per Species	1370	2002	61,5	16,4	0,21	0,82	1903	3,0	1670	1701	32

Табл. 4. Характеристика на стресовите периоди при *Pinus heldreichii*. Н.Christ., Пирин

Моделна редица	Период Год.		Брой на сеченията	Честота, год.	Амплитуда			Продъл жителност, год.			
					Средна	Максимална		Средна	Максимална		
1	1721	2002	46	16,3	0,17	0,52	1881	3,2	1748	1762	1
2	1793	2002	26	12,4	0,25	0,62	1966	4,3	1957	1970	15
Av.per Location	1721	2002	36	14,4	0,21	0,62	1966	3,8	1748	1762	15
Av.per Species	1721	2002	36	14,4	0,21	0,62	1966	3,8	1748	1762	15

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Табл. 5. Данни от регресионния анализ на редиците от ширини на годишните пръстени при *Pinus nigra* Arn.

Редици	Степен на полинома	Уравнение на индекса на нарастването	R^2
1	7	$+1.1224e-12x^7-1.5315e-08x^6+8.956e-05x^5-0.29094x^4+567.06x^3-6.6309e+05x^2+4.3075e+08x^1-1.1992e+11$	0,5963
2	7	$-8.8104e-13x^7+1.2164e-08x^6-7.1969e-05x^5+0.23652x^4-466.3x^3+5.5152e+05x^2-3.6235e+08x^1+1.0201e+11$	0,69824
3	7	$+1.3339e-12x^7-1.8269e-08x^6+0.00010723x^5-0.34962x^4+683.91x^3-8.0264e+05x^2+5.2329e+08x^1-1.462e+11$	0,61672
4	7	$-5.611e-12x^7+7.682e-08x^6-0.00045073x^5+1.4691x^4-2873.1x^3+3.371e+06x^2-2.1972e+09x^1+6.1376e+11$	0,66125
5	7	$-1.8613e-12x^7+2.5557e-08x^6-0.00015038x^5+0.49159x^4-964.14x^3+1.1345e+06x^2-7.4163e+08x^1+2.0777e+11$	0,86286
6	7	$+2.2728e-12x^7-3.1022e-08x^6+0.00018146x^5-0.58965x^4+1149.6x^3-1.3446e+06x^2+8.7374e+08x^1-2.4331e+11$	0,63852
7	7	$-4.1394e-12x^7+5.676e-08x^6-0.00033354x^5+1.0888x^4-2132.7x^3+2.5062e+06x^2-1.6362e+09x^1+4.5777e+11$	0,84456
8	7	$-1.6943e-11x^7+2.321e-07x^6-0.0013626x^5+4.4438x^4-8695.5x^3+1.0208e+07x^2-6.658e+09x^1+1.8609e+12$	0,78189
9	7	$+6.9112e-12x^7-9.4567e-08x^6+0.00055453x^5-$	0,88104

10	7	$1.8064x^4+3530.6x^3-4.14e+06x^2+2.6969e+09x^1-7.5288e+11$ $-3.7482e-12x^7+5.1509e-08x^6-0.00030336x^5+0.99255x^4-1948.4x^3+2.2949e+06x^2-1.5016e+09x^1+4.2106e+11$	0,82032
11	6	$+1.3946e-09x^6-1.654e-05x^5+0.081737x^4-215.42x^3+3.1936e+05x^2-2.525e+08x^1+8.318e+10$	0,69361
12	7	$-4.4243e-13x^7+6.1534e-09x^6-3.6667e-05x^5+0.12135x^4-240.91x^3+2.8687e+05x^2-1.8973e+08x^1+5.3765e+10$	0,34419
12	7	$-2.276e-11x^7+3.1218e-07x^6-0.001835x^5+5.992x^4-11740x^3+1.3799e+07x^2-9.0113e+09x^1+2.5219e+12$	0,80847
14	7	$+1.1776e-13x^7-1.4195e-09x^6+7.1933e-06x^5-0.019734x^4+31.307x^3-28156x^2+1.2744e+07x^1-1.9877e+09$	0,4644
15	7	$+2.9061e-12x^7-3.9654e-08x^6+0.00023187x^5-0.75321x^4+1468x^3-1.7165e+06x^2+1.115e+09x^1-3.1037e+11$	0,69852
16	7	$-3.1882e-11x^7+4.3752e-07x^6-0.0025732x^5+8.4071x^4-16480x^3+1.9382e+07x^2-1.2664e+10x^1+3.546e+12$	0,80188
17	6	$+2.5845e-09x^6-3.0603e-05x^5+0.15098x^4-397.27x^3+5.8798e+05x^2-4.6412e+08x^1+1.5264e+11$	0,77829
18	6	$+1.4367e-09x^6-1.7011e-05x^5+0.083919x^4-220.8x^3+3.2676e+05x^2-2.5791e+08x^1+8.482e+10$	0,77745

19	6	$+7.552e-08x^6-0.00089799x^5+4.449x^4-11756x^3+1.7472e+07x^2-1.385e+10x^1+4.5744e+12$	0,77748
20	6	$+2.4562e-09x^6-2.9087e-05x^5+0.14352x^4-377.67x^3+5.5902e+05x^2-4.413e+08x^1+1.4515e+11$	0,12643
21	6	$-4.2173e-10x^6+4.9863e-06x^5-0.024563x^4+64.531x^3-95355x^2+7.5143e+07x^1-2.4672e+10$	0,52004
22	6	$-2.8333e-09x^6+3.3483e-05x^5-0.16486x^4+432.92x^3-6.3945e+05x^2+5.0372e+08x^1-1.6533e+11$	0,35557
Р-т Габра			
1	7	$+4.1153e-14x^7-5.5186e-10x^6+3.171e-06x^5-0.01012x^4+19.376x^3-22254x^2+1.4197e+07x^1-3.8806e+09$	0,84137
2	8	$+1.4225e-16x^8-2.1646e-12x^7+1.4407e-08x^6-5.4779e-05x^5+0.13015x^4-197.86x^3+1.8795e+05x^2-1.02e+08x^1+2.4212e+10$	0,8374
3	8	$+9.0585e-16x^8-1.3959e-11x^7+9.4104e-08x^6-0.00036247x^5+0.87251x^4-1344x^3+1.2939e+06x^2-7.1168e+08x^1+1.7124e+11$	0,71071
4	7	$-4.778e-14x^7+6.5068e-10x^6-3.7971e-06x^5+0.012309x^4-23.937x^3+27926x^2-1.8098e+07x^1+5.0259e+09$	0,68046
5	7	$+1.156e-13x^7-1.5322e-09x^6+8.7023e-06x^5-0.027456x^4+51.968x^3-59012x^2+3.7224e+07x^1-1.0062e+10$	0,57474
6	8	$+2.8811e-16x^8-4.4193e-12x^7+2.9653e-08x^6-0.00011368x^5+0.27236x^4-417.56x^3+4.0007e+05x^2-2.1901e+08x^1+5.2447e+10$	0,72727
Беласица			

1	6	-5.6367e-10x ⁶ +6.6976e-06x ⁵ - 0.033158x ⁴ +87.546x ³ - 1.3002e+05x ² +1.0298e+08x ¹ -3.3981e+10	0,79705
2	7	-9.8227e-11x ⁷ +1.3548e-06x ⁶ - 0.0080086x ⁵ +26.3x ⁴ - 51819x ³ +6.1258e+07x ² - 4.0231e+10x ¹ +1.1323e+13	0,53641
3	6	+8.181e-09x ⁶ -9.7326e-05x ⁵ +0.48243x ⁴ - 1275.4x ³ +1.8965e+06x ² - 1.5041e+09x ¹ +4.9701e+11	0,49317

Табл. 6. Средни за локалитетите моделни редици от индекси при *Pinus nigra* Arn., формирани от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Год.	Индекс	Повт.	Год.	Индекс	Повт.	Год.	Индекс	Повт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Берковица			Габра			Беласица			1905	1,1315	7	1837	0,88326	3	1948	0,77394	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1906	0,9801	7	1838	1,2287	3	1949	1,272	2
1894	1,6387	1	1826	1,0429	2	1937	0,83738	1	1907	0,74938	7	1839	1,2831	3	1950	1,1738	2
1895	0,51361	1	1827	0,91183	2	1938	0,87696	1	1908	1,0285	9	1840	1,2578	3	1951	0,8164	2
1896	1,0997	1	1828	0,97417	2	1939	0,8573	1	1909	0,96205	9	1841	0,87989	4	1952	0,725	2
1897	0,48204	1	1829	1,4581	2	1940	1,3231	1	1910	0,9706	1	1842	1,0762	4	1953	1,2341	2
1898	0,64095	1	1830	1,0774	2	1941	1,3686	1	1911	1,1155	1	1843	0,918	4	1954	0,86062	2
1899	0,84412	2	1831	0,78795	2	1942	0,82411	1	1912	1,2211	1	1844	1,1469	5	1955	1,1666	3
1900	1,4912	3	1832	0,83766	2	1943	0,58743	2	1913	1,01	1	1845	1,1519	5	1956	0,87428	3
1901	0,75013	3	1833	0,63209	2	1944	0,79775	2	1914	1,1887	1	1846	1,0622	5	1957	0,7066	3
1902	1,0494	5	1834	0,69336	2	1945	0,80611	2	1915	0,94352	1	1847	0,81332	5	1958	0,80158	3
1903	1,0119	5	1835	0,87966	3	1946	0,5713	2	1916	0,8765	1	1848	0,93402	5	1959	0,87948	3
1904	0,96442	7	1836	1,0719	3	1947	1,1269	2			4						

1917	0,84375	1 4	1849	1,0087	5	1960	1,2465	3	1942	0,83922	1 6	1874	0,96726	5	1985	0,75402	3
1918	0,8	1 4	1850	0,88165	5	1961	1,3485	3	1943	0,81877	1 6	1875	0,81104	5	1986	0,73681	3
1919	0,98036	1 4	1851	0,89646	5	1962	0,87602	3	1944	0,97354	1 6	1876	0,65354	5	1987	0,93465	3
1920	1,0895	1 4	1852	0,84012	5	1963	0,91678	3	1945	0,7025	1 6	1877	1,1232	6	1988	0,67422	3
1921	1,1444	1 4	1853	1,0006	5	1964	1,1166	3	1946	0,5809	1 6	1878	1,2699	6	1989	1,0653	3
1922	1,237	1 4	1854	0,85587	5	1965	0,98092	3	1947	1,0007	1 8	1879	1,0385	6	1990	1,299	3
1923	1,5885	1 4	1855	0,89001	5	1966	0,94247	3	1948	1,3764	1 8	1880	0,93844	6	1991	0,82704	3
1924	0,97909	1 4	1856	1,1266	5	1967	0,96429	3	1949	2,7593	1 8	1881	0,89729	6	1992	1,0119	3
1925	1,3469	1 4	1857	0,80349	5	1968	0,98886	3	1950	1,3297	1 8	1882	0,99501	6	1993	0,88526	3
1926	1,2925	1 4	1858	1,1538	5	1969	0,81159	3	1951	8,5637	1 8	1883	0,9443	6	1994	0,69058	3
1927	1,0008	1 4	1859	1,2786	5	1970	0,87384	3	1952	0,95629	1 7	1884	0,96936	6	1995	0,95312	3
1928	0,8278	1 4	1860	1,6049	5	1971	0,85588	3	1953	0,80632	1 7	1885	1,0577	6	1996	1,1939	3
1929	0,78409	1 4	1861	1,4446	5	1972	0,82899	3	1954	0,86477	1 7	1886	1,2229	6	1997	0,78252	3
1930	1,2911	1 4	1862	1,0514	5	1973	0,83935	3	1955	1,1611	1 7	1887	1,0858	6	1998	1,0091	3
1931	1,2105	1 4	1863	0,99808	5	1974	0,93756	3	1956	7,6443	1 8	1888	0,88966	6	1999	1,1921	3
1932	1,1203	1 4	1864	0,88877	5	1975	0,92591	3	1957	1,3807	1 8	1889	0,95339	6	2000	0,85987	3
1933	1,0334	1 4	1865	1,1211	5	1976	1,0125	3	1958	1,4224	1 8	1890	1,1424	6	2001	0,87276	3
1934	0,85336	1 4	1866	0,95662	5	1977	1,1221	3	1959	1,3081	1 8	1891	0,89707	6			
1935	1,0027	1 4	1867	0,86515	5	1978	1,1215	3	1960	1,4857	1 9	1892	0,73583	6			
1936	1,1492	1 4	1868	0,80889	5	1979	1,3026	3	1961	1,0369	1 9	1893	0,96336	6			
1937	1,477	1 4	1869	0,7323	5	1980	0,97469	3	1962	0,76594	1 9	1894	1,1393	6			
1938	1,2257	1 4	1870	0,85264	5	1981	0,98691	3	1963	0,8634	1 9	1895	0,93789	6			
1939	1,236	1 4	1871	0,74477	5	1982	0,98231	3	1964	1,0026	1 9	1896	1,1525	6			
1940	1,1695	1 4	1872	0,97934	5	1983	0,83843	3	1965	1,2041	1 9	1897	0,89224	6			
1941	1,1798	1 5	1873	1,0333	5	1984	0,9803	3	1966	1,358	1 9	1898	1,0605	6			

1967	1,0946	1 9	1899	1,1952	6
1968	0,78629	1 9	1900	1,0136	6
1969	0,88373	1 9	1901	1,1954	6
1970	0,99028	1 9	1902	1,3478	6
1971	0,9239	1 9	1903	1,0557	6
1972	0,8524	1 9	1904	1,1246	6
1973	1,0354	1 9	1905	1,2105	6
1974	0,94793	1 9	1906	1,0293	6
1975	0,97361	1 9	1907	1,1232	6
1976	1,0941	1 9	1908	0,8717	6
1977	1,2729	1 9	1909	0,797	6
1978	1,2238	1 9	1910	0,74043	6
1979	0,96709	1 9	1911	0,79111	6
1980	1,154	1 9	1912	0,75316	6
1981	1,3475	1 9	1913	0,62391	6
1982	1,2463	1 9	1914	0,89263	6
1983	1,3811	1 8	1915	1,0046	6
1984	2,055	1 9	1916	1,2379	6
1985	0,83586	1 8	1917	1,3036	6
1986	0,94332	1 8	1918	1,0908	6
1987	0,66285	1 8	1919	1,0089	6
1988	0,86703	1 8	1920	0,89398	6
1989	1,166	1 8	1921	1,2839	6
1990	1,2563	1 9	1922	1,2496	6
1991	1,1963	1 9	1923	1,0432	6

1992	1,4129	1 9	1924	1,1016	6
1993	0,74772	1 9	1925	1,0437	6
1994	0,77521	1 9	1926	0,77495	6
1995	1,4017	1 9	1927	0,92158	6
1996	0,95476	1 9	1928	0,8339	6
1997	1,0744	1 9	1929	0,71769	6
1998	1,518	1 9	1930	0,73785	6
1999	1,2322	1 9	1931	0,78588	6
2000	0,63972	1 6	1932	0,90627	6
			1933	0,77924	6
			1934	0,9068	6
			1935	0,94272	6
			1936	0,87269	6
			1937	0,98229	6
			1938	1,1511	6
			1939	1,1476	6
			1940	0,95021	6
			1941	1,2878	6
			1942	1,2985	6
			1943	1,2101	6
			1944	1,4552	6
			1945	1,4124	6
			1946	1,0952	6
			1947	0,9244	6
			1948	0,84751	6

		1949	0,93347	6
		1950	0,79214	6
		1951	0,60756	6
		1952	0,70054	6
		1953	0,8406	6
		1954	0,86451	6
		1955	1,0108	6
		1956	0,99678	6
		1957	1,2553	6
		1958	1,2919	6
		1959	1,2711	6
		1960	1,2459	6
		1961	1,7525	5
		1962	1,3163	5
		1963	1,0884	5
		1964	0,92427	5
		1965	0,84212	5
		1966	0,83114	5
		1967	0,94375	5
		1968	0,85072	5
		1969	0,81188	5
		1970	0,74283	5
		1971	0,71722	5
		1972	0,72009	5
		1973	0,65212	5

		1974	0,89117	5
		1975	0,89413	5
		1976	0,85536	5
		1977	0,97665	5
		1978	1,0108	5
		1979	1,197	5
		1980	1,2789	5
		1981	1,3415	5
		1982	1,1674	5
		1983	1,1929	5
		1984	1,213	5
		1985	1,1166	5
		1986	0,86499	5
		1987	1,1102	5
		1988	0,86193	5
		1989	0,72995	5
		1990	0,85868	5
		1991	0,89393	5
		1992	0,83568	5
		1993	1,1401	5
		1994	1,1407	5
		1995	0,71424	5
		1996	1,0186	5
		1997	1,1241	5
		1998	1,0443	5

			1999	1,0115	5
			2000	1,2171	5

			2001	1,2897	5
			2002	0,68705	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Табл. 7. Данни от регресионния анализ на редиците от ширини на годишните пръстени при *Pinus peuce Griseb.*, формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Редици	Степен на полинома	Уравнение на индекса на нарастването	R^2
1	12	$+9.622e-30x^{12}-1.9671e-25x^{11}+1.8403e-21x^{10}-1.0419e-17x^9+3.9759e-14x^8-1.0772e-10x^7+2.1248e-07x^6-0.00030745x^5+0.32388x^4-242.25x^3+1.2211e+05x^2-3.7248e+07x+1+5.1993e+09$	0,65641
2	10	$+2.1128e-23x^{10}-3.8508e-19x^9+3.1566e-15x^8-1.5325e-11x^7+4.8797e-08x^6-0.00010648x^5+0.16126x^4-167.37x^3+1.1393e+05x^2-4.5932e+07x+1+8.3277e+09$	0,81985
3	10	$+1.156e-23x^{10}-2.4455e-19x^9+2.292e-15x^8-1.2573e-11x^7+4.4805e-08x^6-0.00010856x^5+0.18137x^4-206.5x^3+1.5347e+05x^2-6.7269e+07x+1+1.3213e+10$	0,35511
4	9	$-8.7657e-20x^9+1.4777e-15x^8-1.1069e-11x^7+4.8349e-08x^6-0.00013573x^5+0.25393x^4-316.63x^3+2.5373e+05x^2-1.1857e+08x+1+2.4619e+10$	0,71273
5	9	$-8.711e-19x^9+1.4791e-14x^8-1.1159e-10x^7+4.9098e-07x^6-0.0013884x^5+2.6168x^4-3287.1x^3+2.6538e+06x^2-1.2495e+09x+1+2.6141e+11$	0,49276
6	6	$+1.3622e-10x^6-1.6062e-06x^5+0.0078905x^4-20.672x^3+30463x^2-2.394e+07x+1+7.8384e+09$	0,36416

Табл. 8. Средна за локалитета моделна редица от индекси при *Pinus peuce Griseb.*, формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Година	Ср.индекс	Повторения
1370	1,8297	1
1371	1,8575	1
1372	0,33701	1
1373	0,62445	1
1374	0,91329	1
1375	0,82436	1
1376	0,63995	1
1377	0,59328	1
1378	0,63148	1
1379	0,42776	1

1380	0,65212	1
1381	0,57792	1
1382	0,66149	1
1383	0,63006	1
1384	0,77296	1
1385	0,36792	1
1386	0,31516	1
1387	1,0349	1
1388	1,9833	1
1389	1,4126	1
1390	1,6359	1

1391	1,8578	1
1392	1,5245	1
1393	1,1875	1
1394	1,3283	1
1395	2,0996	1
1396	1,3256	1
1397	1,2481	1
1398	1,4495	1
1399	0,89339	1
1400	0,88882	1
1401	1,6873	1
1402	2,0727	1

1403	2,0559	1
1404	0,78899	1
1405	0,51874	1
1406	0,7717	1
1407	0,69712	1
1408	0,88153	1
1409	1,31	1
1410	0,92815	1
1411	1,1612	1
1412	0,84856	1
1413	0,72036	1
1414	0,71379	1
1415	0,65265	1
1416	0,76556	1
1417	1,1623	1
1418	1,039	1
1419	1,3212	1
1420	0,74232	1
1421	0,56973	1
1422	0,62278	1
1423	0,73198	1
1424	0,78756	1
1425	0,5037	1
1426	0,78281	1
1427	0,66859	1
1428	1,0007	1
1429	0,83386	1
1430	0,83161	1
1431	0,77412	1
1432	1,1653	1
1433	1,3333	1
1434	1,1087	1
1435	1,5505	1
1436	1,4467	1
1437	1,6125	1
1438	0,94689	1
1439	0,95113	1
1440	0,67189	1
1441	0,67578	1
1442	0,67302	1
1443	0,96174	1
1444	1,0772	1
1445	0,80054	1
1446	0,85774	1
1447	0,80178	1

1448	0,97685	1
1449	0,75226	1
1450	1,0465	1
1451	0,99146	1
1452	1,1762	1
1453	1,1129	1
1454	1,06	1
1455	1,2409	1
1456	0,71682	1
1457	0,89835	1
1458	0,83946	1
1459	0,66301	1
1460	0,97151	1
1461	0,91508	1
1462	0,91732	1
1463	1,1071	1
1464	1,4816	1
1465	1,3041	1
1466	1,2455	1
1467	1,001	1
1468	1,315	1
1469	1,133	1
1470	1,1353	1
1471	1,0787	1
1472	1,4585	1
1473	1,023	1
1474	0,9605	1
1475	1,0278	1
1476	1,026	1
1477	0,96728	1
1478	1,1649	1
1479	1,0335	1
1480	1,1012	1
1481	0,71743	1
1482	0,71621	1
1483	0,5875	1
1484	0,78115	1
1485	0,78142	1
1486	0,78584	1
1487	1,0461	1
1488	1,2485	1
1489	1,1794	1
1490	1,3038	1
1491	1,2476	1
1492	1,3779	1

1493	1,6446	1
1494	1,178	1
1495	0,91713	1
1496	1,1809	1
1497	1,1205	1
1498	1,5707	1
1499	1,1779	1
1500	1,5632	1
1501	0,91719	1
1502	0,85223	1
1503	1,3731	1
1504	0,85123	1
1505	0,90508	1
1506	0,98022	1
1507	0,84943	1
1508	0,90996	1
1509	0,7128	1
1510	0,84108	1
1511	0,77976	1
1512	0,83746	1
1513	0,97659	1
1514	0,71592	1
1515	0,96987	1
1516	0,77349	1
1517	0,78155	1
1518	0,89893	1
1519	0,7105	1
1520	0,90249	1
1521	0,64592	1
1522	0,71119	1
1523	1,0307	1
1524	0,70691	1
1525	0,77558	1
1526	0,77675	1
1527	0,83912	1
1528	0,77994	1
1529	0,64367	1
1530	0,84014	1
1531	0,83777	1
1532	0,71475	1
1533	0,71118	1
1534	0,64891	1
1535	0,77954	1
1536	0,7177	1
1537	0,78113	1

1538	1,113	1
1539	1,1033	1
1540	1,0605	1
1541	1,3834	1
1542	1,3868	1
1543	1,2581	1
1544	1,5249	1
1545	1,6048	1
1546	1,3991	1
1547	1,4671	1
1548	1,2064	1
1549	1,5028	1
1550	1,4912	1
1551	1,704	1
1552	1,9825	1
1553	1,4402	1
1554	1,5959	1
1555	1,1844	1
1556	1,4075	1
1557	1,1236	1
1558	0,98916	1
1559	1,0002	1
1560	1,1425	1
1561	1,225	1
1562	0,94095	1
1563	0,79367	1
1564	1,0273	1
1565	0,95336	1
1566	0,67199	1
1567	0,45077	1
1568	0,75865	1
1569	1,2166	1
1570	0,76207	1
1571	0,77782	1
1572	0,85745	1
1573	1,0139	1
1574	1,1878	1
1575	0,48483	1
1576	0,6454	1
1577	0,97048	1
1578	0,57791	1
1579	1,4921	1
1580	0,75623	1
1581	0,76502	1
1582	0,76623	1

1583	0,78156	1
1584	0,78732	1
1585	0,79328	1
1586	0,62025	1
1587	0,54126	1
1588	0,81326	1
1589	0,73309	1
1590	0,73954	1
1591	0,65493	1
1592	0,76874	1
1593	0,9614	1
1594	0,97006	1
1595	0,78357	1
1596	0,89603	1
1597	0,79803	1
1598	0,80998	1
1599	1,031	1
1600	0,62608	1
1601	0,42052	1
1602	0,94374	2
1603	0,771	2
1604	0,72334	2
1605	0,79907	2
1606	0,72647	2
1607	0,87312	2
1608	1,078	2
1609	1,0269	2
1610	0,71517	2
1611	1,1102	2
1612	1,3937	2
1613	1,0073	2
1614	0,93346	2
1615	1,0626	2
1616	0,87563	2
1617	0,75264	2
1618	0,80044	2
1619	1,0684	2
1620	1,3081	2
1621	1,3213	2
1622	1,5662	2
1623	1,5792	2
1624	1,6061	2
1625	1,4127	2
1626	1,2791	2
1627	1,5573	2

1628	0,84513	2
1629	1,1753	2
1630	1,2371	2
1631	1,4172	2
1632	1,0399	2
1633	0,83923	2
1634	1,1482	2
1635	1,1798	2
1636	1,2224	2
1637	1,2045	2
1638	1,0828	2
1639	1,1353	2
1640	0,91411	2
1641	0,8481	2
1642	1,362	2
1643	1,162	2
1644	0,98258	2
1645	1,1412	2
1646	1,0405	2
1647	1,3354	2
1648	1,2898	2
1649	1,3904	2
1650	1,0148	2
1651	1,2581	2
1652	1,3824	2
1653	1,1902	2
1654	0,94228	2
1655	1,0839	2
1656	1,346	2
1657	1,1027	2
1658	1,2479	2
1659	1,0657	2
1660	0,93579	2
1661	1,0186	2
1662	0,9804	2
1663	0,88681	2
1664	1,1754	2
1665	0,96386	2
1666	0,94306	2
1667	1,1159	2
1668	1,123	2
1669	1,0482	2
1670	1,1242	2
1671	1,3049	2
1672	0,99145	2

1673	0,93558	2
1674	0,80142	2
1675	0,8363	2
1676	0,82373	2
1677	0,77453	2
1678	0,67	2
1679	0,74757	2
1680	0,7009	2
1681	0,80379	2
1682	0,5151	2
1683	0,91815	2
1684	0,78182	2
1685	0,86783	2
1686	0,59876	2
1687	0,52164	2
1688	0,65031	2
1689	0,49205	2
1690	0,76681	2
1691	0,73111	2
1692	0,74967	2
1693	0,87646	2
1694	1,179	2
1695	1,0119	2
1696	0,9803	2
1697	0,9505	2
1698	0,92984	2
1699	0,99125	2
1700	1,1345	2
1701	0,9831	2
1702	1,1094	2
1703	0,91617	2
1704	0,72767	2
1705	0,94409	2
1706	0,99445	2
1707	1,017	2
1708	0,96565	2
1709	1,1637	2
1710	0,79591	2
1711	0,95761	2
1712	0,96013	2
1713	0,85818	2
1714	0,78942	2
1715	0,89468	2
1716	0,8925	2
1717	0,8275	2

1718	0,84994	2
1719	0,51915	2
1720	0,77597	2
1721	0,69884	2
1722	0,75344	2
1723	1,2874	2
1724	0,98348	2
1725	0,82042	2
1726	0,89966	2
1727	0,8364	2
1728	1,4365	2
1729	1,7065	2
1730	1,4414	2
1731	1,3059	2
1732	1,5654	2
1733	1,4011	2
1734	1,6239	2
1735	1,2183	2
1736	0,80399	2
1737	1,0716	2
1738	1,3454	2
1739	1,1832	2
1740	1,0748	2
1741	1,2532	2
1742	1,0806	2
1743	1,3232	2
1744	1,218	2
1745	0,83696	2
1746	1,0086	2
1747	1,0502	2
1748	1,1893	2
1749	1,474	3
1750	1,1294	3
1751	1,0243	3
1752	1,1792	3
1753	1,0302	3
1754	1,0146	3
1755	1,1732	3
1756	1,1308	3
1757	1,0582	3
1758	0,96616	3
1759	0,84323	3
1760	1,1857	3
1761	1,0975	3
1762	1,1008	3

1763	0,98179	3
1764	1,0177	3
1765	1,0327	3
1766	0,97799	3
1767	1,0296	3
1768	1,0922	3
1769	0,99424	3
1770	1,0207	4
1771	1,0322	4
1772	1,0755	4
1773	0,89275	4
1774	1,0724	4
1775	0,93592	4
1776	0,91917	4
1777	1,1011	4
1778	1,2133	4
1779	1,1008	4
1780	1,2668	4
1781	0,94008	4
1782	1,108	4
1783	0,83371	4
1784	1,1696	4
1785	0,98694	4
1786	1,0712	4
1787	1,1197	4
1788	1,2687	4
1789	1,1682	4
1790	1,0837	4
1791	0,94022	4
1792	1,0845	4
1793	1,0533	4
1794	0,96628	4
1795	0,88968	4
1796	0,96091	4
1797	0,82439	4
1798	0,9021	4
1799	0,85974	4
1800	0,71737	4
1801	0,92588	4
1802	1,0815	4
1803	1,0918	4
1804	0,87514	4
1805	0,86379	4
1806	0,95838	4
1807	1,0028	4

1808	0,8687	4
1809	0,73492	4
1810	0,90931	4
1811	0,97802	4
1812	1,0959	4
1813	1,2983	4
1814	1,1882	4
1815	0,96873	4
1816	1,1184	4
1817	1,0108	4
1818	0,93892	4
1819	0,93492	4
1820	0,80743	4
1821	1,0729	4
1822	0,86477	4
1823	0,94115	4
1824	1,0539	4
1825	0,92538	4
1826	1,0914	4
1827	0,97279	4
1828	1,1931	4
1829	1,3911	4
1830	1,1419	4
1831	1,2579	4
1832	1,509	4
1833	1,2156	4
1834	1,0191	4
1835	1,0286	4
1836	0,87423	4
1837	0,8708	4
1838	0,9134	4
1839	0,73792	4
1840	0,83933	4
1841	0,96909	4
1842	0,74867	4
1843	1,0106	4
1844	0,87754	4
1845	0,96497	4
1846	0,81288	4
1847	1,8338	4
1848	1,9006	4
1849	1,0387	4
1850	1,0546	4
1851	1,0239	4
1852	1,3099	4

1853	1,4202	4
1854	1,346	4
1855	0,94555	4
1856	1,1775	4
1857	0,96488	4
1858	1,1318	4
1859	1,0232	4
1860	0,99504	4
1861	0,9601	4
1862	0,97086	4
1863	0,89087	4
1864	0,90485	4
1865	0,89564	4
1866	0,91214	4
1867	0,83758	4
1868	1,0751	4
1869	0,89402	4
1870	0,93186	4
1871	1,1232	4
1872	0,93094	4
1873	0,98059	4
1874	0,98158	4
1875	0,98405	4
1876	0,98436	4
1877	1,2924	4
1878	0,9789	4
1879	1,2832	4
1880	1,1094	4
1881	1,1683	4
1882	1,1396	4
1883	0,99307	4
1884	1,1634	4
1885	0,80975	4
1886	1,0276	4
1887	1,0606	4
1888	1,102	4
1889	1,1529	4
1890	1,074	4
1891	1,0114	4
1892	1,3215	4
1893	1,0186	4
1894	0,99628	4
1895	1,2103	4
1896	0,90278	4
1897	0,87321	4

1898	1,0737	4
1899	0,70126	4
1900	0,93916	4
1901	1,304	4
1902	0,82677	4
1903	0,77845	4
1904	0,7432	4
1905	1,0776	4
1906	0,97602	4
1907	0,95902	4
1908	0,88376	4
1909	0,89815	4
1910	0,9148	4
1911	1,142	4
1912	0,87467	4
1913	0,81959	4
1914	0,9314	4
1915	0,67144	4
1916	0,88226	4
1917	1,2234	4
1918	1,0658	4
1919	0,92879	4
1920	1,3404	4
1921	1,5776	4
1922	1,4855	4
1923	1,4923	4
1924	1,3061	4
1925	1,4002	4
1926	1,2858	4
1927	1,5335	4
1928	1,5119	4
1929	1,1366	4
1930	1,1336	4
1931	1,1756	4
1932	1,1657	4
1933	1,0992	4
1934	1,0941	4
1935	0,99351	4
1936	0,95662	4
1937	1,032	4
1938	1,0566	4
1939	1,3663	4
1940	1,2004	4
1941	1,1515	4
1942	1,2017	4

1943	1,2051	4
1944	1,2776	4
1945	1,1157	4
1946	1,0746	4
1947	0,98506	4
1948	0,81135	4
1949	0,90702	4
1950	0,95752	4
1951	0,9415	4
1952	1,1642	4
1953	1,0189	4
1954	1,2541	4
1955	0,96101	4
1956	1,2864	4
1957	0,91622	4
1958	1,1334	4
1959	1,1756	4
1960	1,186	4
1961	0,9113	4
1962	0,92628	4
1963	1,2481	4
1964	1,0617	4
1965	0,97552	4
1966	1,0077	4
1967	0,92679	4
1968	0,96484	4
1969	1,2477	4
1970	1,0038	4
1971	0,97833	4
1972	1,0126	4
1973	1,0456	4
1974	0,85404	4
1975	0,90196	4
1976	0,88492	4
1977	0,91128	4
1978	1,2689	4
1979	0,75717	4
1980	1,2028	4
1981	0,97219	4
1982	1,0537	4
1983	1,2825	4
1984	1,3081	4
1985	1,3126	4
1986	1,1613	4
1987	1,0393	4

1988	1,0788	4
1989	1,1629	4
1990	1,2826	4
1991	0,97614	4
1992	1,1177	4
1993	0,8661	4
1994	1,1578	4
1995	0,93376	4
1996	1,1129	4
1997	0,94378	4
1998	0,99922	4
1999	0,99929	4
2000	0,97345	4
2001	1,1177	4
2002	1,1985	4

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Табл. 9. Данни от регресионния анализ на редиците от ширини на годишните пръстени при *Pinus heldreichii* H.Christ., формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Редици	Степен на полинома	Уравнение на индекса на нарастването	R^2
1	9	$+2.1128e-20x^9-3.5731e-16x^8+2.6817e-12x^7-1.1724e-08x^6+3.2902e-05x^5-0.061474x^4+76.466x^3-61063x^2+2.8407e+07x^1-5.8657e+09$	0,42801
2	9	$-3.1413e-19x^9+5.2964e-15x^8-3.9676e-11x^7+1.7331e-07x^6-0.00048653x^5+0.91021x^4-1134.8x^3+9.0926e+05x^2-4.2483e+08x^1+8.8186e+10$	0,85345
3	8	$-3.2417e-16x^8+4.9308e-12x^7-3.2806e-08x^6+0.0001247x^5-0.29619x^4+450.16x^3-4.2753e+05x^2+2.3197e+08x^1-5.5054e+10$	0,82582

Табл. 10. Средна за локалитета моделна редица от индекси при *Pinus heldreichii* H.Christ., формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Год.	Ср. индекс	Повторения	1745	1,1387	1	1771	1,2395	1
1721	1,2458	1	1746	1,2963	1	1772	1,3634	1
1722	0,86202	1	1747	1,1182	1	1773	1,4241	1
1723	1,0803	1	1748	0,67833	1	1774	0,99676	1
1724	0,90879	1	1749	0,84778	1	1775	1,3944	1
1725	0,83231	1	1750	0,70087	1	1776	1,234	1
1726	0,69368	1	1751	0,71695	1	1777	1,2961	1
1727	0,71301	1	1752	0,71114	1	1778	1,0231	1
1728	0,85982	1	1753	0,67725	1	1779	1,1948	1
1729	1,1572	1	1754	0,74121	1	1780	1,2832	1
1730	1,0663	1	1755	0,82334	1	1781	1,3891	1
1731	0,91942	1	1756	0,77524	1	1782	1,0805	1
1732	1,1178	1	1757	0,72901	1	1783	0,85875	1
1733	1,3604	1	1758	0,83371	1	1784	0,88617	1
1734	1,3013	1	1759	0,64054	1	1785	0,94006	1
1735	0,90099	1	1760	0,75006	1	1786	0,75982	1
1736	1,3526	1	1761	0,77433	1	1787	0,82534	1
1737	1,313	1	1762	0,91236	1	1788	0,89615	1
1738	1,2302	1	1763	1,123	1	1789	0,52105	1
1739	0,98077	1	1764	1,1993	1	1790	0,66771	1
1740	1,2132	1	1765	0,98481	1	1791	0,68579	1
1741	1,0752	1	1766	1,2038	1	1792	0,70299	1
1742	1,06	1	1767	0,99225	1	1793	0,85644	2
1743	1,0283	1	1768	1,2101	1	1794	0,74422	2
1744	1,2716	1	1769	1,6922	1	1795	1,1053	2
			1770	0,93952	1	1796	1,1617	2

1797	1,0575	2
1798	0,95506	2
1799	0,88232	2
1800	0,92386	2
1801	0,79491	2
1802	0,87698	2
1803	1,0176	2
1804	0,92007	2
1805	1,1313	2
1806	0,7193	2
1807	0,76056	2
1808	0,82819	2
1809	0,97382	2
1810	0,94804	2
1811	0,88883	2
1812	0,93238	2
1813	0,96357	2
1814	0,87484	2
1815	1,0222	2
1816	1,1336	2
1817	1,2793	2
1818	1,1387	2
1819	0,90801	2
1820	1,0089	2
1821	1,0787	2
1822	0,84907	2
1823	0,82528	2
1824	0,83562	2
1825	1,0084	2
1826	0,83115	2
1827	1,2056	2
1828	1,4043	2
1829	1,201	2
1830	1,0175	2
1831	0,85317	2
1832	0,88405	2
1833	0,92613	2
1834	0,79326	2
1835	0,78168	2
1836	0,90683	2
1837	1,1597	2
1838	1,3731	2
1839	0,97435	2
1840	1,1031	2
1841	0,89126	2

1842	1,274	2
1843	1,2062	2
1844	1,0752	2
1845	0,99913	2
1846	0,96968	2
1847	1,1679	2
1848	1,3114	2
1849	1,2635	2
1850	1,4756	2
1851	0,97581	2
1852	0,82751	2
1853	0,69525	2
1854	0,90983	2
1855	0,68093	2
1856	0,82779	2
1857	1,4197	2
1858	1,0698	2
1859	0,91628	2
1860	0,96942	2
1861	1,1534	2
1862	0,77557	2
1863	0,91876	2
1864	0,88866	2
1865	0,77354	2
1866	1,1478	2
1867	1,1642	2
1868	1,057	2
1869	1,1835	2
1870	0,99073	2
1871	1,0131	2
1872	1,149	2
1873	1,0241	2
1874	1,2141	2
1875	0,76612	2
1876	0,82127	2
1877	0,94079	2
1878	1,0704	2
1879	0,72653	2
1880	0,84533	2
1881	0,46831	2
1882	0,99293	2
1883	0,66881	2
1884	0,79259	2
1885	0,84566	2
1886	1,1236	2

1887	0,70675	2
1888	0,83185	2
1889	0,77646	2
1890	0,91355	2
1891	1,0051	2
1892	0,93546	2
1893	0,99451	2
1894	0,98983	2
1895	0,93032	2
1896	0,97533	2
1897	0,93532	2
1898	1,1223	2
1899	0,86708	2
1900	1,0576	2
1901	1,2329	2
1902	1,2799	2
1903	1,4519	2
1904	1,27	2
1905	1,2011	2
1906	1,1976	2
1907	1,1065	2
1908	1,0328	2
1909	1,03	2
1910	1,0409	2
1911	1,1253	2
1912	1,1265	2
1913	1,0311	2
1914	0,97568	2
1915	1,2534	2
1916	1,0929	2
1917	1,2748	2
1918	1,2627	2
1919	1,04	2
1920	1,2964	2
1921	1,8283	2
1922	1,0946	2
1923	1,2652	2
1924	1,0272	2
1925	1,0793	2
1926	0,68843	2
1927	0,78262	2
1928	0,85414	2
1929	0,73527	2
1930	0,50674	2
1931	0,56366	2

1932	0,65534	2
1933	0,63609	2
1934	0,90129	2
1935	0,86592	2
1936	1,2886	2
1937	0,93654	2
1938	0,80669	2
1939	1,0014	2
1940	1,0168	2
1941	1,0192	2
1942	0,9905	2
1943	1,5322	2
1944	1,1674	2
1945	0,96364	2
1946	1,0578	2
1947	0,86526	2
1948	0,79263	2
1949	0,81831	2
1950	0,97393	2
1951	1,1761	2
1952	0,93695	2
1953	0,83384	2
1954	1,0929	2
1955	1,0387	2
1956	1,7352	2
1957	0,88948	2
1958	0,6307	2
1959	0,59024	2
1960	0,69812	2
1961	0,69286	2
1962	0,77212	2
1963	0,56088	2
1964	0,68022	2
1965	0,89016	2
1966	0,82853	2
1967	0,88107	2
1968	0,82386	2
1969	0,96254	2
1970	1,1588	2
1971	1,4417	2
1972	1,409	2
1973	1,1986	2
1974	2,2363	2
1975	2,3108	2
1976	1,6532	2

1977	1,952	2
1978	1,2934	2
1979	1,6698	2
1980	1,0721	2
1981	1,4114	2
1982	1,2944	2
1983	1,5651	2
1984	1,5681	2
1985	1,3174	2
1986	1,2711	2
1987	0,81372	2
1988	0,98406	2
1989	0,79525	2
1990	0,82851	2
1991	0,60947	2
1992	0,88724	2
1993	0,60869	2
1994	0,59117	2
1995	0,67658	2
1996	0,75994	2
1997	0,68423	2
1998	1,014	2
1999	1,1319	2
2000	1,0346	2
2001	1,3441	2
2002	3,5983	2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Табл. 11. Данни от регресионния анализ на редиците от ширини на годишните пръстени при *Pinus sylvestris* L. в Беласица, формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Редици	Степен на полинома	Уравнение на индекса на нарастването	R^2
1	6	$-1.547e-16x^9 + 2.581e-12x^8 - 1.913e-08x^7 + 8.269e-05x^6 - 0.2297x^5 + 425.2x^4 - 5.245e+05x^3 + 4.159e+08x^2 - 1.923e+11x + 3.95e+13$	0.6791
2	8	$-1.443e-13x^8 + 2.194e-09x^7 - 1.458e-05x^6 + 0.05539x^5 - 131.5x^4 + 1.997e+05x^3 - 1.896e+08x^2 + 1.028e+11x - 2.439e+13$	0.7816
3	8	$+1.999e-14x^8 - 3.029e-10x^7 + 2.007e-06x^6 - 0.007594x^5 + 17.95x^4 - 2.715e+04x^3 + 2.565e+07x^2 - 1.384e+10x + 3.266e+12$	0.5744
4	9	$-1.625e-16x^9 + 2.711e-12x^8 - 2.01e-08x^7 + 8.686e-05x^6 - 0.2413x^5 + 446.7x^4 - 5.512e+05x^3 + 4.37e+08x^2 - 2.021e+11x + 4.151e+13$	0.6996
5	9	$-1.691e-16x^9 + 2.821e-12x^8 - 2.091e-08x^7 + 9.04e-05x^6 - 0.2511x^5 + 465x^4 - 5.737e+05x^3 + 4.549e+08x^2 - 2.103e+11x + 4.321e+13$	0.7092

Табл. 12. Средна за локалитета моделна редица от индекси при *Pinus sylvestris* L., формирана от дендрохронологични редици с $R^2 \geq 4.5$

Год.	Ср. индекс	Повторения	1726	0.1089	3	1737	1.5569	3
1717	0.60339	3	1727	0.2783	3	1738	0.88631	3
1718	1.2256	3	1728	0.1057	3	1739	1.7614	3
1719	1.147	3	1729	0.20913	3	1740	1.8972	3
1720	0.94963	3	1730	0.32358	3	1741	1.4617	3
1721	1.3559	3	1731	0.17151	3	1742	1.6049	3
1722	2.0553	3	1732	0.39476	3	1743	2.0642	3
1723	1.6073	3	1733	0.52918	3	1744	1.6092	3
1724	1.5762	3	1734	0.79392	3	1745	1.3975	3
1725	0.24058	3	1735	1.1861	3	1746	1.2878	3
			1736	1.1627	3	1747	1.3475	3

1748	1.057	3
1749	0.80715	3
1750	0.70328	3
1751	0.93487	3
1752	0.779	3
1753	0.56734	3
1754	0.94744	3
1755	1.1439	3
1756	0.79049	3
1757	0.55598	3
1758	1.0469	3
1759	1.0702	3
1760	1.0039	3
1761	1.01	3
1762	0.83629	3
1763	1.3804	3
1764	0.96044	3
1765	0.46691	3
1766	0.94906	3
1767	1.0078	3
1768	1.0458	3
1769	1.184	3
1770	1.1837	3
1771	1.3657	3
1772	0.96761	3
1773	1.0599	3
1774	0.66626	3
1775	0.88617	3
1776	0.83075	3
1777	0.71529	3
1778	0.8106	3
1779	0.53447	3
1780	0.67116	3
1781	0.69569	3
1782	0.72147	3
1783	0.99179	3
1784	1.399	3
1785	1.0768	3
1786	1.2141	3
1787	0.90391	3
1788	1.7777	3
1789	1.235	3
1790	1.109	3
1791	1.1057	3
1792	0.92707	3
1793	1.065	3
1794	0.85418	3
1795	1.1357	3
1796	0.99034	3
1797	0.65869	3
1798	0.8798	4

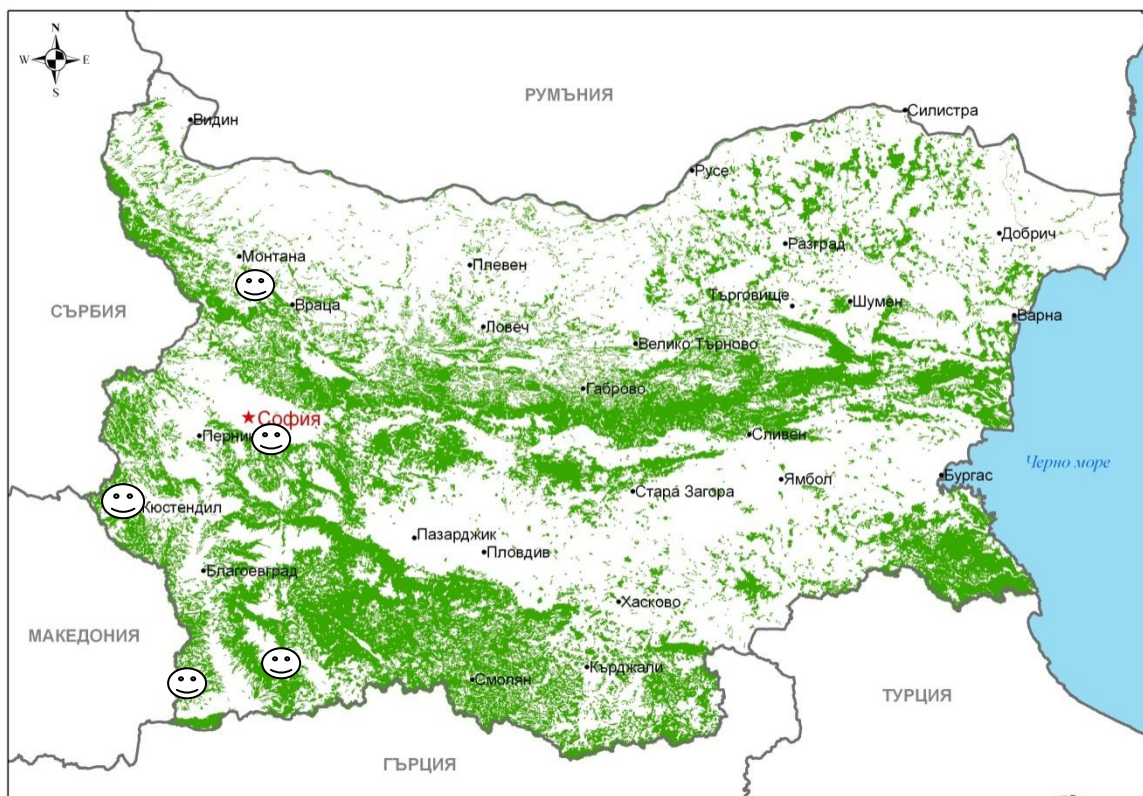
1799	0.98848	4
1800	0.85585	4
1801	0.58766	4
1802	0.598	4
1803	0.69366	4
1804	0.90857	4
1805	1.2437	4
1806	1.0482	4
1807	1.508	4
1808	1.4741	4
1809	1.3655	4
1810	1.3853	4
1811	1.5125	4
1812	1.1841	4
1813	0.83683	4
1814	1.3125	4
1815	0.76448	4
1816	0.86309	4
1817	1.3964	4
1818	1.177	4
1819	1.0416	5
1820	0.86158	5
1821	1.4079	5
1822	0.92104	5
1823	0.80055	5
1824	0.78084	5
1825	0.83118	5
1826	0.74796	5
1827	1.0597	5
1828	0.86971	5
1829	1.052	5
1830	0.88058	5
1831	1.073	5
1832	0.84796	5
1833	0.79789	5
1834	0.54108	5
1835	1.0575	5
1836	1.0868	5
1837	0.82225	5
1838	0.95583	5
1839	0.97389	5
1840	0.58288	5
1841	1.1419	5
1842	0.79778	5
1843	0.95794	5
1844	0.89563	5
1845	0.93843	5
1846	1.1546	5
1847	0.93896	5
1848	1.3597	5
1849	1.0492	5

1850	1.3832	5
1851	1.0637	5
1852	1.2622	5
1853	1.2391	5
1854	1.1642	5
1855	1.3098	5
1856	0.82968	5
1857	0.88278	5
1858	0.74055	5
1859	1.2899	5
1860	1.0133	5
1861	1.1404	5
1862	0.84362	5
1863	0.98772	5
1864	1.0945	5
1865	1.1559	5
1866	1.097	5
1867	0.79294	5
1868	0.73789	5
1869	0.82683	5
1870	0.6031	5
1871	0.9689	5
1872	1.0416	5
1873	1.0669	5
1874	1.0335	5
1875	1.0189	5
1876	0.8897	5
1877	0.79422	5
1878	0.90169	5
1879	0.99237	5
1880	1.0096	5
1881	1.2105	5
1882	0.95701	5
1883	1.2031	5
1884	1.1064	5
1885	1.3379	5
1886	1.2277	5
1887	0.93542	5
1888	1.383	5
1889	1.205	5
1890	0.97983	5
1891	1.0757	5
1892	0.86965	5
1893	0.66549	5
1894	0.74999	5
1895	0.90332	5
1896	0.97281	5
1897	1.0272	5
1898	1.3645	5
1899	1.0776	5
1900	1.2251	5

1901	1.1598	5
1902	1.2645	5
1903	1.5536	5
1904	0.99704	5
1905	0.99322	5
1906	1.1428	5
1907	0.93511	5
1908	0.95778	5
1909	0.7502	5
1910	1.0157	5
1911	0.74527	5
1912	0.77284	5
1913	0.77304	5
1914	0.82739	5
1915	0.89554	5
1916	0.82868	5
1917	1.0698	5
1918	1.0822	5
1919	1.2974	5
1920	1.0289	5
1921	0.88133	5
1922	1.1554	5
1923	1.1694	5
1924	1.0487	5
1925	0.87571	5
1926	0.96843	5
1927	0.85019	5
1928	0.65745	5
1929	1.0066	5
1930	0.89581	5
1931	0.84105	5
1932	0.86234	5
1933	1.0999	5
1934	1.0296	5
1935	0.76577	5
1936	1.1573	5
1937	1.1604	5
1938	1.0502	5
1939	0.99863	5
1940	1.483	5
1941	1.2856	5
1942	1.0181	5
1943	1.0468	5
1944	1.1152	5
1945	0.7358	5
1946	0.94129	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Фиг.13 Картосхема на районите (Берковица, резерват Габра, Юндола, Беласица), от които са обработени дендрохронологичните редици



ПРИЛОЖЕНИЕ 7

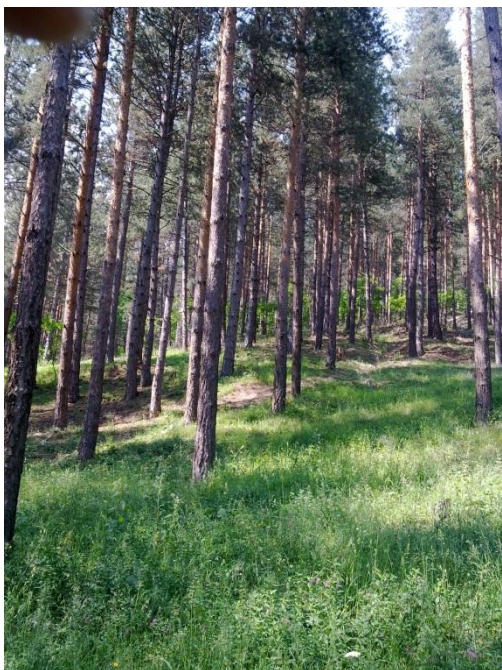
Изследвани горски съобщества в различните локалитети



Беласица



Осоговска планина – резерват „Габра“



Западна Стара планина - Берковска планина



Байкушева мура (*P. heldreichii*) – 1930 m н.в.
h= 26 m, d= 2.48 m и обиколка 7.80 m, над 1300 г.



Чермурови гори (*P. heldreichii*) в Пирин



Бялмурови гори (*P. peuce*) в Пирин