

**ПРОБЛЕМИ СУШЕ У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ****Горан Трбић<sup>1</sup>, Даворин Бајић<sup>1</sup>, Татјана Попов<sup>1</sup> и Сенад Опрашић<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци, Република Српска<sup>2</sup>Министарство вањске трговине и економских односа у Вијећу министара БиХ, Сарајево, БиХ

**Сажетак:** Суша је комплексна климатска појава чија се сложеност огледа у дефинисању појаве, типологији, условљености настанка, интензитету, фреквенцији, прогнози, картографском представљању и могућности прилагођавања. У раду смо разматрали питање суше на бази нумеричких показатеља према Сељанинову и Лангу. Добијени резултати указују на чињеницу да је на бази наведених индекса могуће доћи до одређених закључака о метеоролошкој суши, њеном интензитету, фреквенцији и просторној расподјели. Да бисмо дошли до детаљнијих и прецизнијих резултата неопходно је унапређење мониторинга ваздуха и земљишта. Од 2000. забиљежено је шест година које су имале карактер од интензивних до екстремних суша (2000, 2003, 2007, 2008, 2011. и 2012.). Повећање интензитета и фреквенције суша уз тренд раста температуре, топлотних таласа и смањења падавина у љетним мјесецима јасан је показатељ и аларм да се ради о озбиљном проблему који захтијева интегрално и мултидисциплинарно рјешење.

**Кључне ријечи:** суша, Сељанинов хидротермички коефицијент (НТС), Лангов кишни фактор, наводњавање.

Original scientific paper

**DROUGHT ISSUES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA****Goran Trbić<sup>1</sup>, Davorin Bajić<sup>1</sup>, Tatjana Popov<sup>1</sup> and Senad Oprašić<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Faculty of Sciences, University of Banja Luka, Republika Srpska<sup>2</sup>Ministry of Foreign Trade and Economic Relations at the BiH Council of Ministers, Sarajevo, BiH

**Abstract:** Drought is a complex climate phenomenon, the complexity of which is reflected in its definition, typology, causes of appearance, intensity, frequency, forecast, mapping, and possible adjustment. The paper discusses the issue of drought based upon the numerical indicators in accordance with Selyaninov and Lang. The results indicate that upon the indexes, it is possible to make certain conclusions about the meteorological drought, its intensity, frequency, and spatial distribution. In order to get accurate data it is necessary to improve the air and soil monitoring. Ever since 2000, six years have been characterized by intensive or extreme droughts (2000, 2003, 2007, 2008, 2011 and 2012). The increase of drought intensity and frequency, along with the increasing trends of air temperature, warm waves, and poorer precipitation in summer, all clearly indicate that it is a serious trouble asking for an integral and multidisciplinary solution.

**Key words:** drought, Selyaninov's hydrotermic coefficient (SHC), Lang's Rain-Factor, irrigation.

## УВОД

Суша је комплексна појава која се јавља услед дужег одсуства падавина изнад неког географског простора. Условљена је нарушавањем нормалне циркулације атмосфере. За разлику од појма аридност, који указује на перманентни

## INTRODUCTION

Drought is a complex phenomenon that occurs due to a long period of absent precipitation above a geographical area. It is triggered by the abuse of normal atmosphere circulation. Unlike aridity, which indicates

мањак у односу на нормалне вриједности падавина у неком региону, суша представља, углавном, краткотрајни недостатак падавина праћен повећаним температурама ваздуха. Поред тога, суша подразумева и одступање актуелног односа између падавина и евапотранспирације од нормалне вриједности за вишегодишњи период осматрања. Када се говори о суши као феномену најчешће се мисли на агрометеоролошку сушу, односно утицај и последице који се манифестују на пољопривредним културама. На основу реакције биљака може се закључити да ли је дошло до појаве суше и каквог је интензитета (Ракићевић, 1988). У погледу појаве и интензитета суше, значајну улогу има временска варијабилност и ефикасност падавина. Други метеоролошки елементи као што су високе температуре, велика брзина и јачина вјетра и ниска релативна влажност ваздуха често су индикатори појаве суше и као такви могу знатно погоршати последице суше. Суша није само физичка појава већ и природни феномен који има утицај на цјелокупно друштво. С обзиром на то да се суша може сагледати из разних углова и различитих перцепција, не постоји јединствена дефиниција суше која је прихваћена широм свијета (Wilhite & Glantz, 1987; Tate & Gustard, 2000). Недостатак јасно усаглашених дефиниција суше отежава припрему и примјену унапријед припремљених и дефинисаних мјера за адаптацију и борбу против суше. У зависности са којег аспекта се посматра, суша је подијељена на сљедеће категорије: метеоролошку, пољопривредну и хидролошку.

Када говоримо о суши као фактору дестабилизације пољопривредне производње, неопходно је поменути концептуалне и оперативне дефиниције суше. Концептуалне дефиниције дају уопштену представу о суши са циљем бољег разумијевања самог концепта суше, а имају значаја у дизајнирању стратегије за борбу против суше. Концептуална дефиниција суше подразумева дефицит падавина који доводи до општећења биљака, што даље води ка умањењу приноса. Оперативна дефиниција служи да се лакше дефинише почетак, интензитет и крај сушног периода. Почетак се обично дефинише као тренутак у коме неки од релевантних климатских параметара одступи

a permanent lack of normal precipitation within a region, drought is a short-term lack of precipitation followed by increase of air temperature. Furthermore, drought also refers to deviation of the actual precipitation and evapotranspiration ratio from the normal values for a longterm period of observance. As we speak of the drought phenomenon, we usually refer to agro-meteorological drought, i.e. the impacts and consequences that affect the agricultural crops. Based upon the plant reactions, we may infer whether the drought has appeared and what its intensity is (Ракићевић, 1988). Speaking of the occurrence and intensity of drought, weather variability and precipitation efficiency play a great part. Other meteorological elements such as high temperatures, high wind intensity and speed, and relatively low air humidity are often considered to be the main drought indicators and may as well make its consequences even worse. Drought is both a physical and natural phenomena that might affect the society as a whole. As we already have different perspectives and perception of drought, there is no one single definition accepted worldwide (Wilhite & Glantz, 1987; Tate & Gustard, 2000). The lack of the definition census makes it difficult to prepare and apply the defined measures for the adaptation and drought management. Depending on the point of view, drought may be divided into the following categories: meteorological, agricultural, and hydrological.

As we speak of drought as a destabilization factor of agricultural production, it is necessary to mention the conceptual and operational definitions of drought. The conceptual definition provides us with a general idea of the drought in order to better understand the process and is pertinent for the anti-drought strategy design. The conceptual definition refers to the deficit of precipitation resulting in plant damage and poor yield. The operational definition helps us define the beginning, intensity and end of the drought period. The beginning is usually defined as the moment at

од своје средње или нормалне вриједности за дато подручје (Wilhite & Glantz, 1985). Дакле, да би се утврдио почетак суше, неопходно је да се упореде вриједности метеоролошких елемената са њиховим тридесетогодишњим просјеком. Помоћу оперативних дефиниција суше може се анализирати фреквенција, интензитет и трајање суше у току неког периода. За такве анализе неопходно је располагати бројним метеоролошким подацима мјереним на часовној, дневној и мјесечној бази.

Како би се боље разумјеле особине суше, вјероватноћа појаве и понављања са различитим интензитетом, неопходно је детаљно познавање климатских услова одређеног географског простора. Подаци који би се добили на тај начин имали би значајну улогу у развијању стратегија спречавања негативних ефеката суше. У нашим условима у вегетационом периоду могу наступити сушни периоди различитог трајања и интензитета. Врло често узрок суше није недовољна количина падавина, већ распоред падавина у току године. Посљедњих година забиљежена је све чешћа појава суше која изазива велике штете на пољопривредним усјевима. Нарочито се јављају штете у сјеверном дијелу Босне и Херцеговине, гдје је забиљежен и пад приноса пољопривредних усјева. Главни узрок појаве суше јесте недостатак и неравномјеран распоред падавина праћен високим температурама. Иако у ванвегетационом периоду има доста падавина, у току лјетног периода суша је редовна појава која се јавља сваке године с мањим или већим интензитетом. Управо тај мањак падавина, који је праћен релативно високим температурама, доводи до дефицита воде у активној зони коријеновог система, при чему долази до нарушавања водног биланса земљишта, као и физиолошких процеса у биљкама. Водни дефицит доводи до редукције пораста усјева и производње биомасе, а смањени су пораст ћелије, као и фотосинтеза. Процијењено је да суша доводи до смањења приноса за 20% у односу на генетски потенцијал биљака. Једина и основна мјера која би могла да се примени у борби против суше јесте наводњавање. Ако размотримо климатске услове, нарочито падавине, видимо да у Босни и Херцеговини постоје добри климатски услови за отклањање утицаја суше. Просјечне годишње падавине износе

which some of the relevant climate parameters deviates from its mean or normal value for the given area (Wilhite & Glantz, 1985). Thus, in order to determine the beginning of drought it is necessary to compare the values of meteorological elements and their 30-year mean value. Using the operational drought definition, we may analyze the frequency, intensity, and duration of the drought over a period of time. These analysis usually demand many different meteorological data measured on hourly, daily, and monthly basis.

In order to better understand the features of drought, the chances of occurrence, and repetition, it is necessary to know the details of climate conditions of a specific geographical area. These details would play a great part in developing strategies for prevention of negative drought effects. In our conditions, during the vegetation period the drought periods may vary in duration and intensity. Frequently, lack of precipitation causes drought as well as the precipitation distribution during the year. Over the last few years, there has been drought causing great damage on agricultural crops. The damages are intensive in north Bosnia and Herzegovina, where the yield has been poor. The main drought cause is the lack and inadequate distribution of precipitation, accompanied by high air temperatures. Although the vegetation period is rich in precipitation, in summer drought is a regular phenomenon occurring every year and with a great intensity. It is the lack of precipitation that results in water deficit in the active zone of root system leading towards impaired soil water balance and physiological plant processes. The water deficit reduces crops and biomass, along with decreased cell growth and photosynthesis. The estimations are that the drought results in 20% less yield in comparison with the genetic plant potential. The only basic measure to fight the drought is irrigation. If we consider the climate conditions, we clearly see that in Bosnia and Herzegovina there are quite good conditions for removing the drought effects. The mean annual precipitation is 1000

око 1000 mm, али се временска и просторна варијабилност падавина огледа у неповољном распореду падавина у току године. Просјечна годишња потенцијална евапотранспирација (PET) износи око 725 mm, што је за 525 mm мање од просјечних годишњих падавина на нивоу Босне и Херцеговине. Просјечна годишња стварна евапотранспирација (ETP) износи око 600 mm, при чему је просјечан годишњи мањак воде око 125 mm. У централном дијелу Босне и Херцеговине она износи око 650 mm (Алагић, 2003). Према овим подацима коефицијент суше износи 0,83, док за сјеверни дио износи 0,92. Иако је овај однос повољан са аспекта пољопривредне производње, биљке не могу да задовоље своје потребе за водом у периоду вегетативног развоја. Дакле, иако на годишњем нивоу постоји повољан однос између ETP и падавина, проблем је у недовољној количини падавина у току вегетационог циклуса биљака.

#### МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Оцјена динамике и регионалног распореда суше у Босни и Херцеговини дата је на бази анализе историјских метеоролошких података Републичког хидрометеоролошког завода Републике Српске и података Хидрометеоролошког завода Федерације БиХ. Анализа је вршена за посљедњи тридесетогодишњи период (1981–2010). Сем тога, посебно су анализирани 2003. и 2012. као двије најсушније године у посљедњим деценијама. На бази метеоролошких података са станица у Бањој Луци, Новом Граду, Приједору, Добоју, Бијељини, Сокоцу, Чемерну, Гацку и Билећи (Република Српска), те податка са станица у: Сарајеву, Мостару, Тузли, Зеници, Јајцу, Бугојну, Ливну, Бихаћу, Санском Мосту и Иван седлу (Федерација БиХ) израчунати су индекси по Сељанину и Лангу и представљена је њихова просторна расподела.

Од најзначајнијих метода који су коришћени у статистичкој обради података издвајамо: редукацију, апроксимацију, интерполацију и регресиону анализу. Просторна расподела вриједности индекса по Сељанинову и Лангу урађена је на бази методологије која је коришћена у раду Бајића и Трбића (2010).

mm but the weather and spatial variability is reflected in unfavourable precipitation distribution over the year. The mean annual potential evapotranspiration (PET) is around 725 mm, which is 525 mm less than annual precipitation in BiH. The mean annual real evapotranspiration (ETP) is around 600 mm, and the annual mean water deficit is 125 mm. In central parts of BiH it is 650 mm (Алагић, 2003). According to these data, the drought coefficient is 0,83 and in northern parts it is 0,92. From the agricultural point of view it is sufficient but the plants cannot meet their needs for water during vegetation. Although there is a favourable annual precipitation-ETP ratio, the trouble is the precipitation deficit during the vegetation period.

#### METHODS AND MATERIALS

The evaluation of the dynamics and regional drought distribution in Bosnia and Herzegovina is provided by analyzing the historical meteorological data of the Republic weather institute of the Republic of Srpska and Weather institute of BiH Federation. The analysis was performed for the last thirty-year period (1981–2010). Furthermore, 2003 and 2012 were most affected by drought over the last decades. The Selyaninov's and Lang's indexes and their distribution were calculated based upon the data from weather stations in Banja Luka, Novi Grad, Prijedor, Doboje, Bijeljina, Sokolac, Cemerno, Gacko, and Bileca (Republic of Srpska) and Sarajevo, Mostar, Tuzla, Zenica, Jajce, Bugojno, Livno, Bihac, Sanski Most and Ivan Sedlo (BiH Federation).

The most important methods used for the statistical data processing were: reduction, approximation, interpolation, and regressive analysis. The spatial distribution of Selyaninov's and Lang's indexes was calculated upon the methodology performed by Bajic and Trbic (2010).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

RESULTS AND DISCUSSION

Суша је штетна временска појава која настаје због дуготрајног недостатка падавина, што у комбинацији са осталим метеоролошким факторима као што су: висока температура, недовољна релативна влажност ваздуха, често праћена појавом вјетра, суве површине тла и др. може довести до озбиљних проблема у водном билансу. Постоји неколико модела за класификацију суше. За потребе овог рада извршили смо анализу хидротермичког коефицијента (НТС) и кишног фактора према Лангу.

Сељанинов хидротермички коефицијент (НТС) веома је често коришћени климатски индекс за процјену аридности неког региона током топлијег дијела године, од априла до септембра. Као што је показано у више студија, постоји висока корелација између вриједности овог коефицијента и годишњих приноса житарица (Trbic & Vojinovic, 2011; Dronin & Beliger, 2005). Вриједност индекса израчунава се анализом два основна климатска елемента: дневне акумулације падавина и средње дневне температуре, који се рутински осматрају на свим метеоролошким и климатолошким станицама. НТС је дефинисан као однос суме падавина и суме температура већих од 10°C током изабраног периода у години. Дефиниција индекса дата је једначином, гдје је  $P$  дневна акумулација падавина,  $T$  средња дневна температура, а  $n$  број дана током одабраног периода.

$$НТС = \frac{10 \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n T_i (T > 10^{\circ}C)}$$

Генерално, вриједности индекса испод један, мале количине падавина и високе температуре, одговарају сушним условима током сезоне, а вриједности изнад један влажним условима током сезоне. Детаљнија подјела у одговарајуће категорије, односно граничне вриједности индекса које раздвајају поједине категорије дате су у таб. 1.

Drought is a detrimental weather phenomenon caused by a longterm precipitation deficit that might result in serious water balance together with other meteorological factors such as high temperature, insufficient relative air humidity, wind, dry soil, etc. There are several models for the classification of drought. The paper used the analysis of hydrotermic coefficient (HTC) and Lang's rain factor.

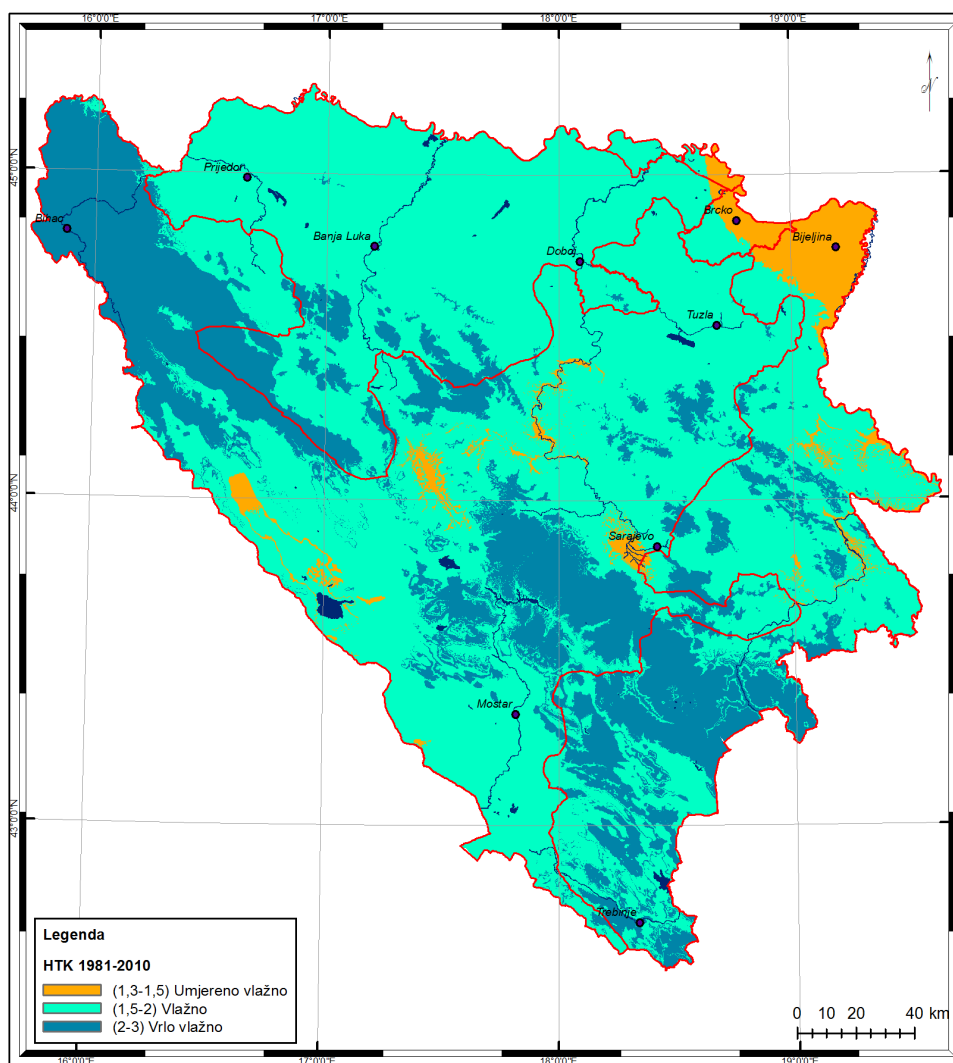
Selyaninov's hydrotermic coefficient (HTC) is a frequently used climate index for the evaluation of aridity of a region during the warm weather seasons, April to September. As most studies have shown, there is a high correlation between this coefficient values and the annual crops yield (Trbic & Vojinovic, 2011; Dronin & Beliger, 2005). The index is calculated by analyzing two key factors: daily precipitation accumulation and mean daily temperature, both which are regularly observed at all weather stations. HTC is defined as a ratio of precipitation sum and the sum of air temperature higher than 10°C during a target period of the year. The definition is expressed via the equation in which  $P$  stands for the daily precipitation accumulation,  $T$  is the mean daily temperature, and  $n$  is the number of days observed.

Generally, the index values less than 1, poor precipitation, and high air temperatures are typical of drought during a season, and values higher than 1 are correspondent with moist periods. Table 1 shows the details of categories, i.e. the border values of the index.

Таб. 1. Граничне вриједности и одговарајуће категорије HTC индекса  
 Tab. 1. Border values and the correspondent categories of HTC index

HTC	Категорија / Characteristic:
<0,5	Екстремно суво / Extremely dry
0,5 – 0,7	Веома суво / Very dry
0,7 – 0,9	Суво / Dry
1,0 – 1,3	Недовољно влажно / Insufficiently wet
1,3 – 1,5	Умјерено влажно / Moderately wet
1,5 – 2,0	Влажно / Wet
2,0 – 3,0	Врло влажно / Very wet
> 3,0	Екстремно влажно / Extremely wet

Прилог 1. Просторни распоред Сељаниновог хидротермичког коефицијента за период 1981–2010.  
 Appendix 1. Spatial distribuion of Selyaninov's hydrotermic coefficient (SHC) 1981–2010



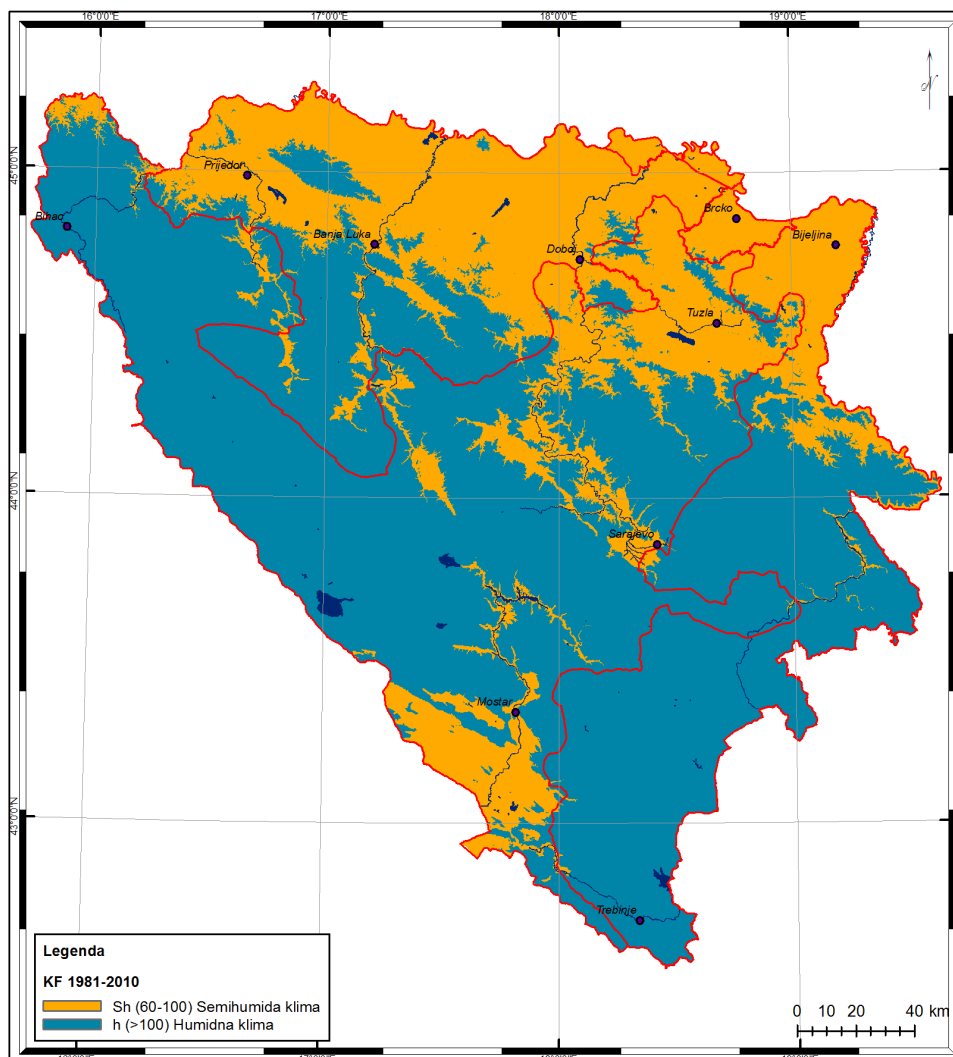
Према просторном распореду Сељаниновог НТС за период 1981–2010. може се створити погрешна слика да на територији Босне и Херцеговине нема аридних простора, односно да нема појаве суше. Најмањи НТС има сјевероисточни дио територије, који иначе и прима најмању количину падавина на годишњем нивоу. Међутим, овакав резултат и просторни распоред је производ просјечних вриједности у вишегодишњем низу (1981–2010). У протеклих 10 година забиљежено је пет година када је дошло до појаве јаких или екстремних суша (2003, 2007, 2008, 2011. и 2012.). То практично показује да приказивање НТС за вишегодишњи низ не може створити јасну слику о могућој појави и регионалном распореду суше у Босни и Херцеговини.

Приказивањем регионалног распореда кишног фактора према Лангу, такође, се могу извући слични закључци као и код Сељаниновог НТС. На прилогу 2 видимо да Посавина доминантно, те подручје доњег тока ријеке Неретве и поједини централни дијелови Босне и Херцеговине имају семихумидан карактер климе. Другим ријечима, на основу вишегодишњег просјека Ланговог кишног фактора (период 1981–2010) у Босни и Херцеговини нема аридних подручја. Слично као и код Сељаниновог индекса, ако се анализирају поједине године, а нарочито екстремне године, ситуација је сасвим другачија.

According to Selyaninov's НТС spatial distribution for 1981–2010 period, we may gain a wrong idea that there are no arid regions in Bosnia and Herzegovina, i.e. that it is drought free. The smallest НТС is in the north-east part of the country, which also has the smallest annual precipitation. Nonetheless, one such result and the spatial distribution are the product of the longterm annual values (1981–2010). Over the last decade, there were five years characterized with extreme droughts (2003, 2007, 2008, 2011 and 2012). It practically means that the longterm НТС cannot provide a clear picture of potential drought and its regional distribution in Bosnia and Herzegovina.

The display of regional distribution of the Lang's Rain-Factor also indicates similar results. Appendix 2 shows that Posavina region, along with lower Neretva River stream and central parts of BiH are characterized by semi-humid climate. In other words, Lang's Rain-Factor (1981–2010) in BiH indicates that there are no arid regions. But with Selyaninov's index the situation seems quite different.

Прилог 2. Просторни распоред Ланговог кишног фактора за период 1981–2010.  
Appendix 2. Spatial distribution of Lang's Rain-Factor for 1981–2010



На прилогу 3 видимо да је у вегетационом периоду (април–септембар) готово на читавом подручју Босне и Херцеговине, изузев на крајњем југу Херцеговине забиљежена вриједност НТС испод 1,0, што практично указује на недовољну количину падавина и влажности, те на појаву суше.

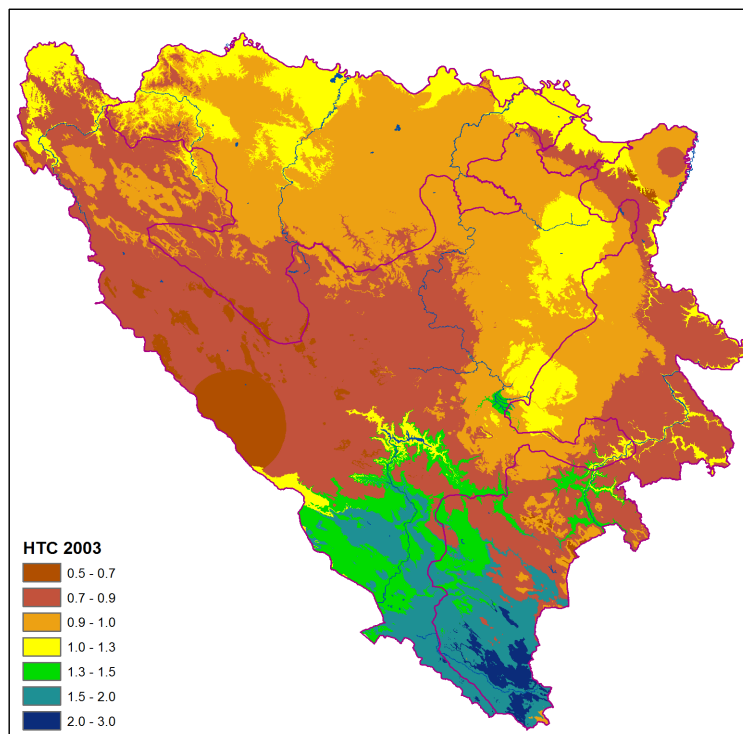
Током 2012. забиљжене су ниске вриједности НТС, а током лjeta екстремна суша је погодила готово читаву територију Босне и Херцеговине (прилог 4).

Appendix 3 shows that during the vegetation period (April–September) in almost all of Bosnia and Herzegovina, except south Herzegovina region, the HTC value was less than 1,0 which practically means insufficient precipitation and humidity, which further leads towards drought.

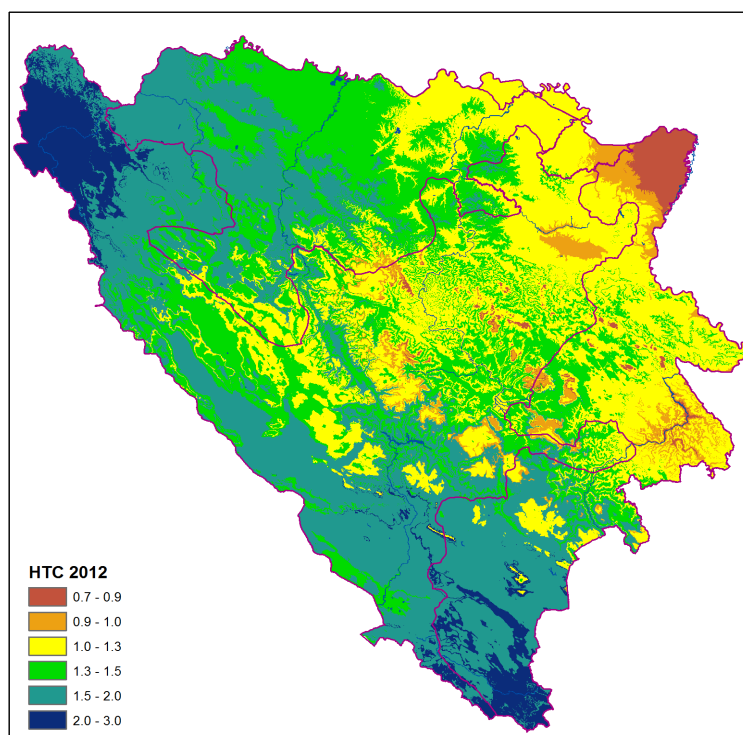
In 2012, HTC values were low and the extreme summer drought affected almost whole of the territory (appendix 4).



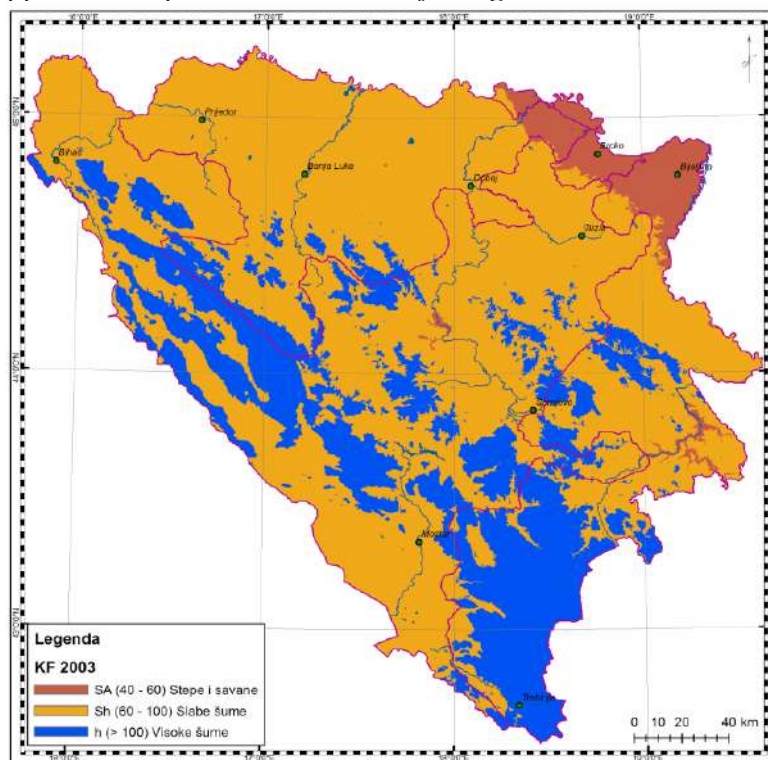
Прилог 3. Просторни распоред Сељаниновог НТС за 2003.  
Appendix 3. Spatial distribution of Selyaninov's HTC in 2003



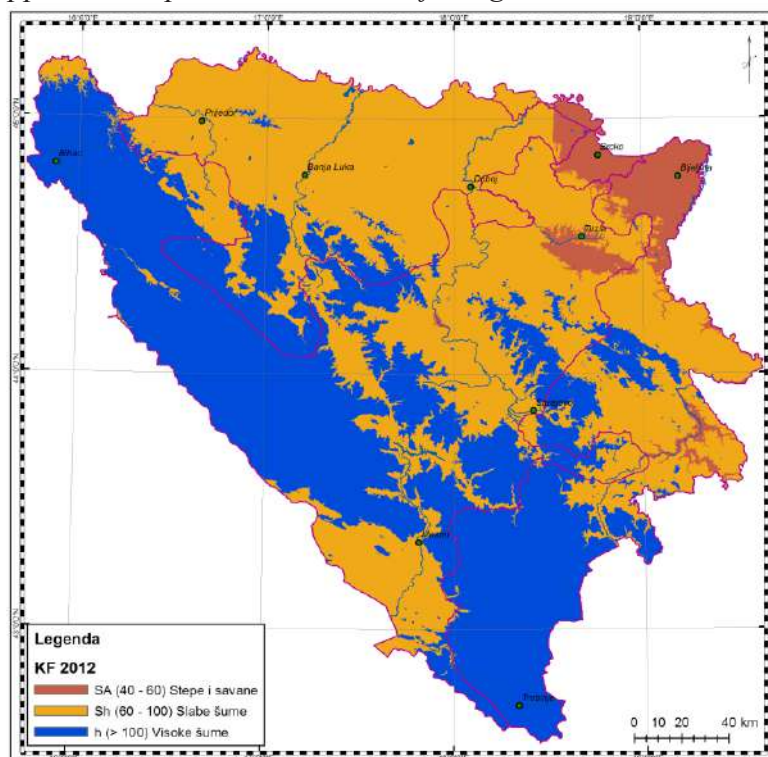
Прилог 4. Просторни распоред Сељаниновог НТС за 2012.  
Appendix 4. Spatial distribution of Selyaninov's HTC in 2012



Прилог 5. Просторни распоред Ланговог кишног фактора за 2003.  
Appendix 5. Spatial distribution of Lang's Rain-Factor in 2003



Прилог 6. Просторни распоред Ланговог кишног фактора за 2012.  
Appendix 6. Spatial distribution of Lang's Rain-Factor in 2012



ПРОБЛЕМИ СУШЕ У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ  
DROUGHT ISSUES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Током сушних 2003. и 2012, вриједност Ланговог кишног фактора на годишњем нивоу указивала је на промјене карактера климатског типа. У том периоду сјевероисточни дио Босне и Херцеговине имао је семиаридан карактер климе. Међутим, у току вегетационог периода, и посебно током љета, у наведеним годинама заступљен је аридни тип климата по Лангу (таб. 2). То практично указује на потребу анализирања екстремних година на мјесечном нивоу како би се створила јаснија слика о интензитету и регионалном распореду суше. На бази таквих анализа могуће је стратешки планирати и спроводити активности у борби против суше.

In 2003 and 2012, the annual Lang's Rain-Factor value indicated changes in climate. During this period, north-east parts of BiH had the semi-arid climate. Nevertheless, during the vegetation period, especially in summer, these years had Lang's arid climate type (Table 2). This practically means that there is a need to analyze extreme years at monthly level in order to get a clear idea of the intensity and regional distribution of the drought. These analyses might help make strategic plans and activities to fight drought.

Таб. 2. Вриједности кишног фактора по Лангу за Бању Луку, Бијељину и Добој  
Tab. 2. Values of Lang's Rain-Factor for towns of Banja Luka, Bijeljina, and Doboј

Бања Лука Banja Luka	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г. Year
2003.	-411,7	-14,1	3,8	5,2	4,0	1,5	2,2	2,0	6,0	15,1	5,1	38,9	66,2
	ph	ph	SA	Sh	SA	A	A	A	Sh	h	Sh	h	Sh
2007.	10,6	10,0	10,4	0,3	5,2	3,6	1,6	2,7	10,4	14,8	29,7	165,5	81,2
	h	h	h	A	Sh	SA	A	A	h	h	h	h	Sh
2008.	17,0	2,3	20,0	8,2	4,0	3,7	3,8	1,1	6,8	5,1	9,7	15,0	69,7
	h	A	h	h	SA	SA	SA	A	h	Sh	h	h	Sh
2011.	27,2	17,2	4,8	2,9	3,9	1,7	4,9	0,4	1,3	5,6	1,6	31,0	48,3
	h	h	SA	A	SA	A	SA	A	A	Sh	A	h	SA
2012.	34,1	-24,4	0,5	8,1	10,4	3,0	2,1	0,1	4,9	7,0	7,9	112,5	74,2
	h	ph	A	h	h	A	A	A	SA	h	h	h	Sh
Бијељина Bijeljina	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г. Year
2003.	-107,2	-11,0	1,5	0,8	1,8	1,8	2,7	0,6	2,6	13,9	5,1	17,9	43,7
	ph	ph	A	A	A	A	A	A	A	h	Sh	h	SA
2007.	7,9	8,2	8,8	0,2	3,4	2,5	1,6	4,1	5,3	12,3	27,2	88,8	62,9
	h	h	h	A	SA	A	A	SA	Sh	h	h	h	Sh
2008.	14,1	2,6	10,5	5,5	2,7	2,5	2,8	1,4	5,7	0,9	6,7	9,0	45,9
	h	A	h	Sh	A	A	A	A	Sh	A	h	h	SA
2011.	56,1	150,0	2,7	2,3	4,6	2,4	3,7	0,0	0,9	3,2	4,1	11,8	38,5
	h	h	A	A	SA	A	SA	A	A	A	SA	h	SA
2012.	22,6	-18,7	0,6	7,0	5,8	1,8	1,4	0,0	1,0	3,9	3,8	77,9	44,1
	h	ph	A	h	Sh	A	A	A	SA	SA	SA	h	SA
Добој Doboј	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	г. Year
2003.	-341,0	-22,7	3,0	3,3	2,3	2,8	4,5	1,3	3,4	19,1	4,4	40,8	62,2
	ph	ph	A	A	A	A	SA	A	SA	h	SA	h	Sh
2007.	14,0	11,7	8,7	1,3	5,3	3,9	2,3	2,6	10,2	13,0	33,4	124,7	81,9
	h	h	h	A	Sh	SA	A	A	h	h	h	h	Sh
2008.	15,9	3,1	11,5	5,4	5,7	3,1	4,8	0,6	7,0	3,4	11,7	16,9	64,4
	h	A	h	Sh	Sh	A	SA	A	h	SA	h	h	Sh
2011.	41,4	30,9	4,2	2,5	5,2	3,1	2,7	0,5	0,7	3,6	5,4	18,7	42,4
	h	h	SA	A	Sh	A	A	A	A	SA	Sh	h	SA
2012.	48,4	-18,9	1,0	8,1	9,2	2,0	2,1	0,3	3,1	8,1	4,0	114,1	66,2
	h	ph	A	h	h	A	A	A	A	h	SA	h	Sh

Извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске  
Source: The Republic Weather Bureau of the Republic of Srpska

У раду Трбића и Војиновића (2011) показано је да постоји висока корелација између годишње производње кукуруза и вриједности НТС индекса за сезоне април–септембар и јун–август на територији Босне и Херцеговине. Током сушних година када је вриједност индекса за сезону јун–август била испод један, годишњи приноси били су и до 50% мањи у односу на године за које је вриједност била преко један.

На основу таб. 4 можемо закључити да су 2003, 2007, 2008, 2011. и 2012. биле изузетно сушне током вегетационог периода, а поготово током љета (јун–август). Недостатак падавина и високе температуре условили су веома мале вриједности НТС, односно појаву суше. Поменута суша условила је смањење приноса кукуруза (таб. 3)

Падавине током вегетационог периода несумњиво су знатно утицале на принос пшенице, а посебно кукуруза. Свакако, то није једини фактор у формирању приноса, али резултати корелације између падавина и приноса показују да постоји врло јак линеарни однос. Коефицијент линеарне корелације ( $r$ ) током вегетационог периода (април–септембар) износио је 0,57, док је исти коефицијент у љетном периоду (јун–август) имао вриједност 0,67 (таб. 3). Ове вриједности изузетно су високе и упућују на чињеницу да је количина падавина лимитирајући фактор у производњи кукуруза. Интересантно је да је принос мањи од просјека и код изузетно кишних година (2010). Међутим, у овом раду нису третирани проблеми изузетно високих падавина.

In their 2011 paper, Trbic and Vojinovic showed that there was a high correlation between annual corn yield and HTC values for April-September and June-August in Bosnia and Herzegovina. During the drought years as the values for June-August were less than 1, the annual yield was up to 50% less in comparison with years that had values more than 1.

Table 4 indicates that 2003, 2007, 2008, 2011 and 2012 were extremely dry during the vegetation period, especially in summer (June-August). Lack of precipitation and high air temperatures caused low HTC values, i.e. drought. The drought further led towards poor corn yield (Table 3).

Precipitation during the vegetation period surely affected the corn yield. Certainly, it is not the only factor in forming yield, but the results of correlation between precipitation and yield indicate a strong linear ratio. The linear correlation coefficient ( $r$ ) during the vegetation period (April-September) was 0,57 and in summer (June-August) was 0,67 (Table 3). These values were extremely high and indicated the fact that precipitation amount is a limiting factor for corn production. Furthermore, it is interesting that the yield was poorer than average in extremely rainy years (2010). Nevertheless, the paper does not discuss the issues of high precipitation.

ПРОБЛЕМИ СУШЕ У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ  
DROUGHT ISSUES IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Таб. 3. Корелациони односи приноса кукуруза и количине падавина  
Tab. 3. Correlation between corn yield and precipitation

Година Year	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	Коефицијент линеарне корелације The linear correlation coefficient
Падавине Precipitation (IV–IX)	292,9	562,0	583,9	555,6	404,4	447,9	391,7	752,6	320,9	r = 0,57
Принос Crop yield (t/ ha)	2,77	5,36	5,33	5,19	3,01	4,13	4,25	3,85	3,50	
Падавине Precipitation (VI–VIII)	143,8	267,6	370,3	319,9	175,7	205,0	276,1	398,2	164,2	r = 0,67

Извор: Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, Републички завод за статистику Републике Српске  
Source: The Republic Weather Bureau of the Republic of Srpska, RS Republic institute for statistics

Пошто је важност количине падавина у формирању приноса веома битна, а с друге стране готово не можемо на њих утицати, то нас наводи на закључак да је неопходно наводњавање и гајење култура резистентних на сушу. Сем тога, предвиђање потребе за водом врло је важно за осигурање стабилних приноса кукуруза и пшенице. Тешке суше у 2003, 2007. и 2011. снажно су утицале на приносе пшенице, а поготово кукуруза, а на неким локацијама приноси су двоструко умањени. Посебно је екстремно сушна била 2012, кад су приноси умањени за више од 50%.

The precipitation is key to yield process and we still cannot affects it. Thus, irrigation is necessary along with growing the drought-resistant crops. Besides, planning the water deficit is crucial to ensure stable corn and wheat yield. Hard drought in 2003, 2007 and 2011 strongly affected the wheat and corn yield, and in some locations it was twice as smaller. The drought was extreme in 2012 and the yield was less than 50%.

Таб. 4. Вриједности Селъановог хидротермичког коефицијента за период 2003–2012. Tab. 4. Values of Selyaninov's HTC for 2003–2012

Година Year	2003. HTC		2004. HTC		2005. HTC		2006. HTC		2007. HTC		2008. HTC		2009. HTC		2010. HTC		2011. HTC		2012. HTC	
	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII	IV-IX	VI-VIII
Метеостаница Meteostation																				
Бања Лука Banja Luka	0,8	0,6	1,6	1,5	2,0	1,9	2,3	2,1	1,3	0,9	1,5	0,9	1,2	1,7	2,5	2,0	0,8	0,7	1,6	0,6
Бихаћ Bihać	1,1	0,5	1,9	1,3	2,8	2,5	2,8	1,7	2,0	1,4	1,6	0,9	1,4	1,3	3,0	2,1	1,3	1,1	2,3	1,0
Добој Doboj	0,9	0,9	2,2	1,8	2,3	1,9	1,9	1,7	1,4	1,0	1,4	0,9	1,1	1,7	2,6	1,9	0,8	0,7	1,0	0,5
Тузла Tuzla	1,1	1,0	2,3	1,7	2,7	2,5	2,0	2,0	1,2	0,8	1,7	1,4	1,1	1,5	2,9	1,1	1,1	1,2	1,2	0,3
Бијелина Bijeljina	0,6	0,6	1,6	1,3	1,8	1,9	1,4	1,6	0,9	0,8	1,1	0,7	0,7	1,1	1,8	1,9	0,7	0,6	0,9	0,3
Зеница Zenica	0,9	0,6	1,7	1,4	1,8	1,9	1,4	1,7	1,2	0,9	1,3	1,3	1,2	1,4	1,7	1,5	1,0	1,1	1,2	0,3

Легенда/Legend:

HTC	Карактеристика / Characteristic:
< 0,5	Екстремно суво / Extremely dry
0,5 – 0,7	Веома суво / Very dry
0,7 – 0,9	Суво / Dry
1,0 – 1,3	Недовољно влажно / Insufficiently wet
1,3 – 1,5	Умјерено влажно / Moderately wet
1,5 – 2,0	Влажно / Wet
2,0 – 3,0	Врло влажно / Very wet
> 3,0	Екстремно влажно / Extremely wet

Иако се количина годишњих падавина није знатно промијенила, смањен је број дана у години током којих су забиљежене кишне падавине, али је истовремено повећан број дана током којих су забиљежене интензивне кишне падавине. Ово представља битну промјену у режиму падавина, и то посебно у комбинацији са порастом температуре. Резултат ових промјена ће бити мања влажност земљишта (потенцијално растућа учесталост и фреквенција суше), као и повећана вјероватноћа поплава, с обзиром на повећање учесталости интензивних кишних падавина.

У периоду од 1981. године примијећена је повећана климатска варијабилност током свих годишњих доба и на цијелој територији Босне и Херцеговине. На примјер, уочен је тренд брзих промјена из екстремно врелих или хладних периода, који обично трају 5–20 дана, у периоде интензивних кишних падавина. Суше су, такође, биле чешће и интензивније током протеклих десетак година: од 2000. године забиљежено је шест сушних година (2000, 2003, 2007, 2008, 2011. и 2012.). Иако нису спроведене детаљне студије на тему предвиђања суша, све чешће и интензивније суше су забрињавајуће, јер представљају јасан показатељ повећане климатске варијабилности (17).

Упркос изобиљу водних ресурса земље, инфраструктура наводњавања веома је ограничена. На примјер, наводњава се само 0,65% обрадивог земљишта (и прије рата 1992–1995. тај проценат је био само 1,0%, али је изразито смањен због штета насталих током рата, због минираног земљишта и недовољног одржавања). Већи број врелих/тропских дана, смањене количине падавина и сувоћа/безводност повећаће вјероватноћу појаве суша. Због тренутно постојећих инфраструктурних ограничења, постојећи проблеми не могу бити ријешени само уз помоћ поузданог система наводњавања. Ризици с којим се суочава сектор пољопривреде – примарно због комбинације све веће вјероватноће појаве суша и мањка опција за наводњавање – нису униформни. Тако на примјер, Мостар, Бијељина, Брод и Тузла спадају у подручја која су највише погођена несташицом воде у земљишту. Остали ризици обухватају повећан ризик од пожара

Although the annual precipitation did not change largely, the number of rainy days decreased along with more days with extremes rains. This represents an alteration in precipitation regime, especially in combination with air temperature increase. The result of the alteration is poorer soil moisture (potentially higher drought intensity and frequency), as well as more floods.

Up to 1981, there had been and increased climate variability during all seasons in the whole of Bosnia and Herzegovina territory. For instance, there was a trend of fast shifts between extremely dry and cold periods, lasting for 5–20 days, and periods of intensive precipitation. Drought was also more intensive and frequent over the last decade: starting with 2000, there were six dry years (2000, 2003, 2007, 2008, 2011 and 2012). Despite the lack of detailed studies on drought forecast, the more frequent and intensive drought are worrying as they indicate the increase of climate variability (17).

Despite richness in water resources, the irrigation infrastructure is limited. For instance, only 0,65% of cultivated soil is being irrigated (before 1992–1995 war, the percentage was only 1,0%, but it decreased due to poor management and war damages). A larger number of hot/tropical days, decrease of precipitation and aridity will increase the chances of drought. Due to the existing irrigation limitation, the reliable irrigation system is not the only way to solve the current issues. The risks that the sector of agriculture is facing – primarily the combination of chances of drought and poor irrigation – are not uniformed. For instance, Mostar, Bijeljina, Brod, and Tuzla are towns most struck by water deficit in the soil. Other risks refer to fire risk on cultivated soil, hail storms, wind speed, all of which may affect the crops.

на житним пољима усљед недостатка влаге, затим доказану чешћу појаву све интензивнијих градоносних олуја, са посљедицама за усјеве, те проблем уочене повећане брзине вјетрова и олуја који могу имати штетне утицаје на усјеве и др.

## ЗАКЉУЧАК

На основу претходних анализа, може се констатовати да је у Босни и Херцеговини могуће очекивати повећање интензитета и фреквенције периода са сушом. Од најзначајнијих фактора који условљавају настанак суше издвајамо: повећање температуре ваздуха на годишњем нивоу, али и у току вегетационог периода и годишњих доба, смањење количине падавина у љетном периоду, повећање интензитета и фреквенција екстремних климатских појава. Ефекат повећања температуре условиће повећано исушивање земљишта, док ће низак ниво ријечних токова током љетног периода условити отежано водоснабдијевање и могућност наводњавања. Мањак воде посебно ће се негативно одражавати љети, током пољопривредне сезоне и интензивне потрошње воде, а што ће се директно одразити на проблем водних ресурса.

Као што је већ раније поменуто, суша у знатној мјери утиче на пољопривредну производњу. Анализирајући просјеке падавина у посљедњих 10 година, можемо видјети да се дефицит воде јавља најчешће у јуну, јулу и августу мјесецу, односно у периоду вегетације, када се одвијају битни процеси раста и развоја биљних култура. Такође, недостатак воде у том периоду праћен је и високим температурама што додатно појачава овај ефекат. Стога је неопходно већ сада почети размишљати о успостављању система за наводњавање, јер ће у блиској будућности проблем недостатка воде бити више изражен. Исто тако, треба почети и са едукацијом произвођача о свим негативним утицајима.

У раду смо разматрали питање суше на бази нумеричких показатеља према Селјанину и Лангу. Добијени резултати указују на чињеницу

## CONCLUSION

Based upon the previous analysis, we may infer that in Bosnia and Herzegovina we are expecting stronger intensity and frequency of drought periods. The most important factors resulting in drought are the annual increase of air temperature in both vegetation period and seasons, increase in intensity and frequency of extreme climate phenomena. The effect of air temperature increase will cause dry soil and the low river water level in summer will make the irrigation even more difficult. The water deficit will negatively affect the summer agricultural season and intensive water usage, which will further directly influence the problem of water resources.

As we have mentioned earlier, the drought largely affects the agricultural production. Analysing the mean precipitation over the last decade, we can see that the water deficit was largest in June, July, and August, i.e. during the vegetation period when the most important processes of plant growth take place. Furthermore, the water deficit during the period was also accompanied by high air temperatures, which made further stress on the effect. Thus, it is necessary to start thinking about the irrigation systems because in the near future the water deficit will become a huge issue. Also, we should start educating the producers about all the negative effects.

The paper discussed the problem of drought based upon Selyaninov and Lang. The results obtained indicate that based upon these indexes we might get some idea about the meteorological drought, its intensity, frequency, and spatial distribution. In order



да је на бази наведених индекса могуће доћи до одређених закључака о метеоролошкој суши, њеном интензитету, фреквенцији и просторној расподјели. Да бисмо дошли до детаљнијих и прецизнијих резултата, неопходно је унапређење мониторинга ваздуха и земљишта. Ту се прије свега мисли на ширење мреже метеоролошких станица које би биле смјештене изван урбаних подручја, те унапређење мониторинга земљишта у смислу праћења температуре и влажности земљишта. Ово је посебно битно из разлога што су глобалне климатске промјене већ и на нашим просторима утицале на повећање температуре и смањење падавина и тиме условиле чешћу и интензивнију појаву суше у посљедње двије деценије (17).

Савремени приступ у рјешавању проблема суша подразумева примјену рачунских модела и потребне опреме за регистровање релевантних параметара за примјену наводњавања. Више се не поставља питање оправданости наводњавања, већ питање што рационалнијег искоришћења воде у сврхе наводњавања, будући да она све више постаје добро од стратешког значаја.

to obtain a more detailed and precise results, it is necessary to improve the air and soil monitoring. Above all, we mean the network of weather stations outside the urban areas and the soil monitoring refers to monitoring the temperature and soil humidity. This is extremely important because the global climate changes in our region have already affected the air temperature increase and poor precipitation resulting in intensive and frequent drought over the last two decades (17).

The modern approach to solving drought issues refers to the application of computer models and equipment necessary to register the relevant parameters for the irrigation application. The irrigation itself is no longer a matter of question, but we should rather ask ourselves how to rationally use water for the purpose of irrigation as it is becoming a more and more pertinent resource with of a strategic relevance.

#### ЛИТЕРАТУРА/BIBLIOGRAPHY

1. Alagić, E. (2003). Navodnjavanje – preventivna zaštita od suša u Bosni i Hercegovini, *Vodoprivreda*, 35 (3–4), 203–206
2. Bajić, D. & Trbić, G. (2010). Primjena GIS-a i regresionih modela u modelovanju promjena temperatura vazduha na primjeru Republike Srpske. *Herald br. 14*. Banja Luka: Geografsko društvo RS, 91–100
3. Dronin, N. M. & Bellingier, E. G. (2005). *Climate Dependence and Food Problems in Russia 1900–1990: The Interaction of Climate and Agricultural Policy and Their Effect on Food Problems*, Budapest and New York: Central European University Press, Pp. xvii, 366 (<http://ahr.oxfordjournals.org/content/111/5/1631.full.pdf+html>)
4. Gračanin, M. (1951). Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima. *Poljoprivredna znanstvena smotra XII*. Zagreb
5. Hamdy, A. & Trisorio-Liuzzi, G. (2001): *Drought Planning and Drought Mitigation Measures in the Mediterranean Region*, 235–239 ([http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/a-80\\_OPTIONS/Session%202/%28235-240%29%2035%20Hamdy%20PS2.pdf](http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/a-80_OPTIONS/Session%202/%28235-240%29%2035%20Hamdy%20PS2.pdf))
6. Milosavljević, R. (1977). Suša i njen prostorni raspored u Bosni i Hercegovini (prema Seljaninovoj metodi). *Geografski pregled br. XXI*. Sarajevo: Geografsko društvo BiH, 79–89

7. Milosavljević, R. (1985). Tipovi i varijante godišnjeg toka padavina u Bosni i Hercegovini. *Geografski pregled br. 28–29*. Sarajevo: Geografsko društvo BiH
8. Николић, С., Стојчић, Ј., Мејакић, В. (1997). Стање и основе пројекције развоја биљне производње у Републици Српској. *Агрознање, 1*. Бања Лука, 15–24
9. Ракићевић, Т. (1988). Регионални распоред суше у СР Србији. *Гласник српског географског друштва, св. LXVIII, бр. 1*. Београд: СГД, 9–18
10. Сељанинов, Г. Т., (1966). *Агроклиматический карта мира*. Гидрометеоздат издания Дом, Ленинград
11. Tate, E. L. & Gustard, A. (2000). Drought Definition: A Hydrological Perspective, In: *Drought and Drought Mitigation in Europe* (ed. by J.V.Vogt and F.Somma), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 23–48
12. Trbic, G. & Vojinovic, Dj. (2011). Impact of Climate Change on Food Production in Bosnia and Herzegovina, Chapter Book: *The Impacts of Climate Change on Food Production in the Western Balkan Region*, Regional Environmental Centre, Budapest, Hungary. 2011. 24–42 ([http://documents.rec.org/publications/ImpactsOfClimateChange\\_Jul2011.pdf](http://documents.rec.org/publications/ImpactsOfClimateChange_Jul2011.pdf))
13. Trbic, G. et al. (2010). Regional Changes of Precipitation Amount in Bosnia and Herzegovina, *6-th International Scientific Conference Dedicated to the International Earth Day*, April 2010, Sofia, Bulgaria
14. Васић, Г., Кречки, Б. (1988). Суша и ефекат наводњавања на производњу кукуруза, *Кукуруз 1988*, 10. и 11. март, 103–116. Београд.
15. Wilhite, D. A. & Glantz, M. H. (1985). *Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions*, *Drought Network News*, 7(2): 13–17
16. Wilhite, D. A. & Glantz, M. H. (1987). Understanding the Drought Phenomenon: The role of Definition. In: *Planning for Drought*. Wilhite, D.A., Eastrling, W.E. & Wood, D.A. (eds), Vestview Press, Boulder, CO, pp. 11–27
17. Републички хидрометеоролошки завод Републике Српске, Документација и материјал, 1961–2012.