



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir



İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE DOĞAL KAYNAKLAR: UYUM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Daha Yeşil Yarınlar için Hassas Tarım: Sürdürülebilir
Tarım Savunuculuđu Projesi

IPAIİİ/2023/451-911

Bu yayın Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiştir. İçeriğinin tüm sorumluluğu Uluslararası Tarım ve Gıda
Konfederasyonu'na aittir ve Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamaktadır.

Prof. Dr. Yeşim AHİ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

E-mail: ysmahi@ankara.edu.tr



I - KÜRESEL İKLİM RİSKLERİ VE SU KRİZİNİN BOYUTLARI

II - EKOSİSTEM, TOPRAK VE ÇÖLLEŞME: DOĞAL KAYNAKLARIN SINIRLARI

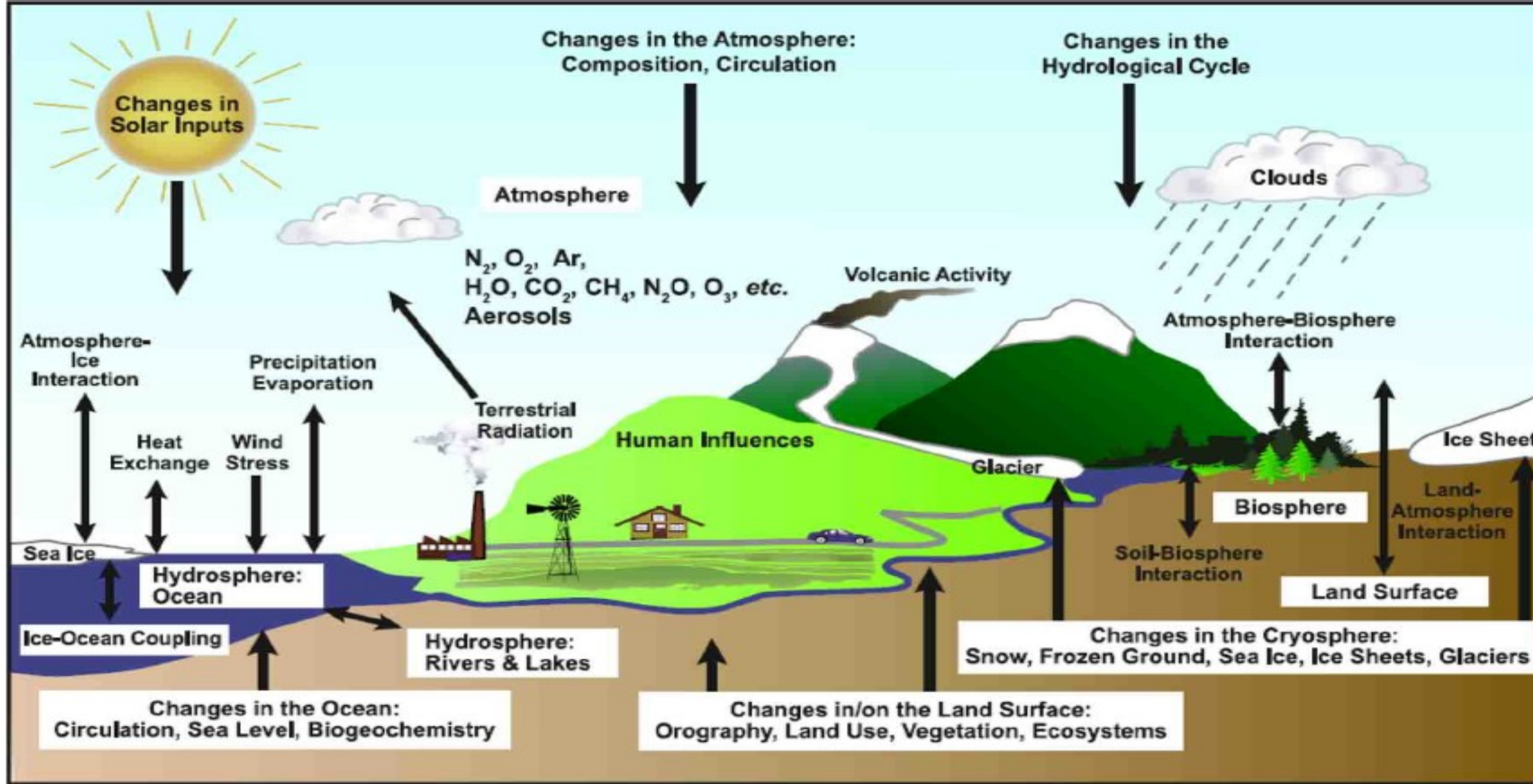
III - SEKTÖREL SU KULLANIMI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM

IV - TEKNOLOJİK VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER: DAYANIKLI SU YÖNETİMİ

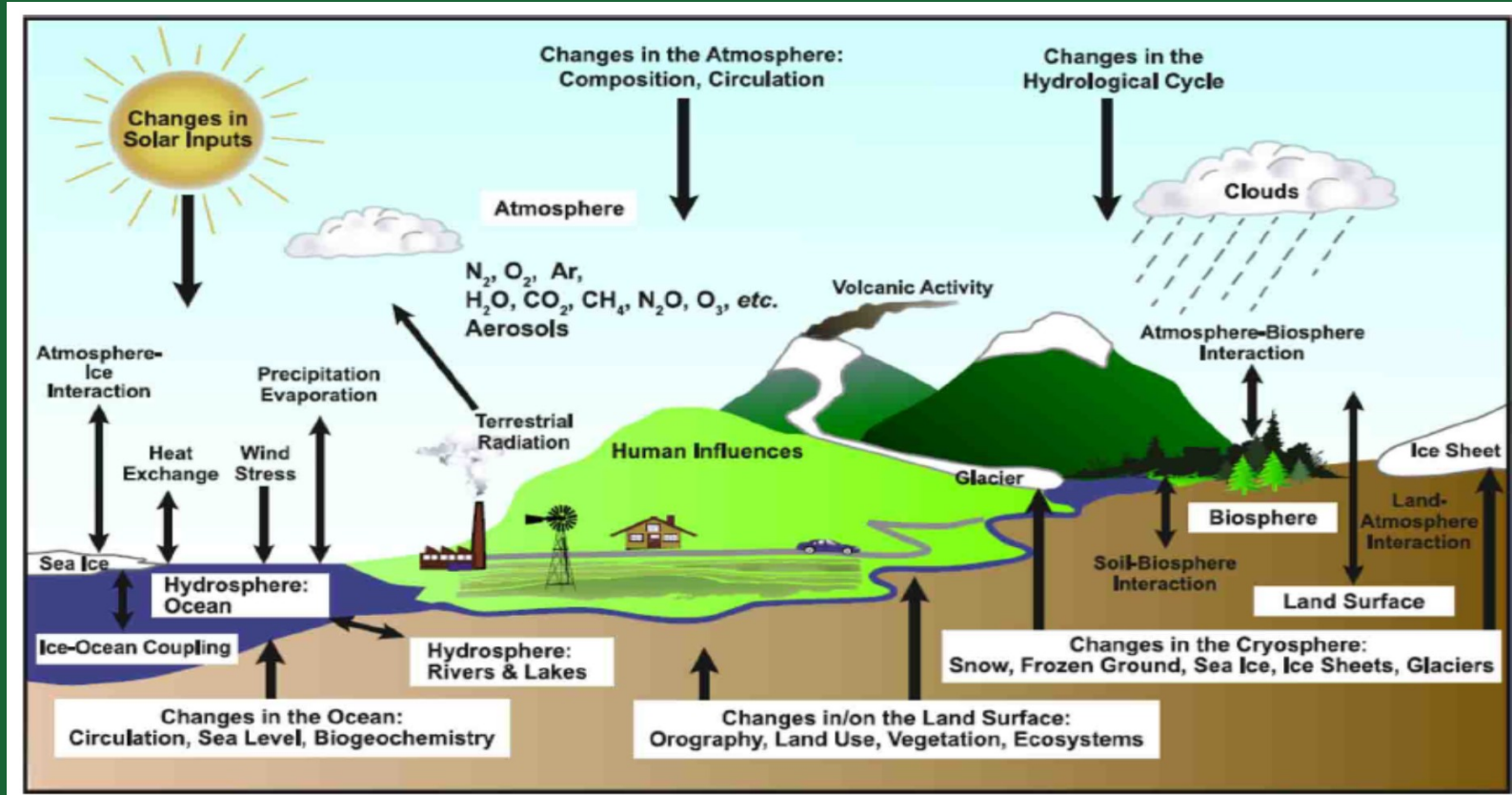
V - BÜTÜNCÜL UYUM, POLİTİKA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEK



İklim sisteminin bileşenleri ve aralarındaki etkileşim süreçleri



- **Atmosfer:** Radyasyon dengesi, sıcaklık ve yağış süreçlerini kontrol eden temel iklim bileşenidir.
- **Hidrosfer:** Okyanus ve tatlı su sistemleri aracılığıyla enerji ve nem taşınımını sağlar.
- **Kriyosfer:** Kar ve buz örtüsü yoluyla yansıtırlığını değiştirerek iklim geri beslemelerini etkiler.



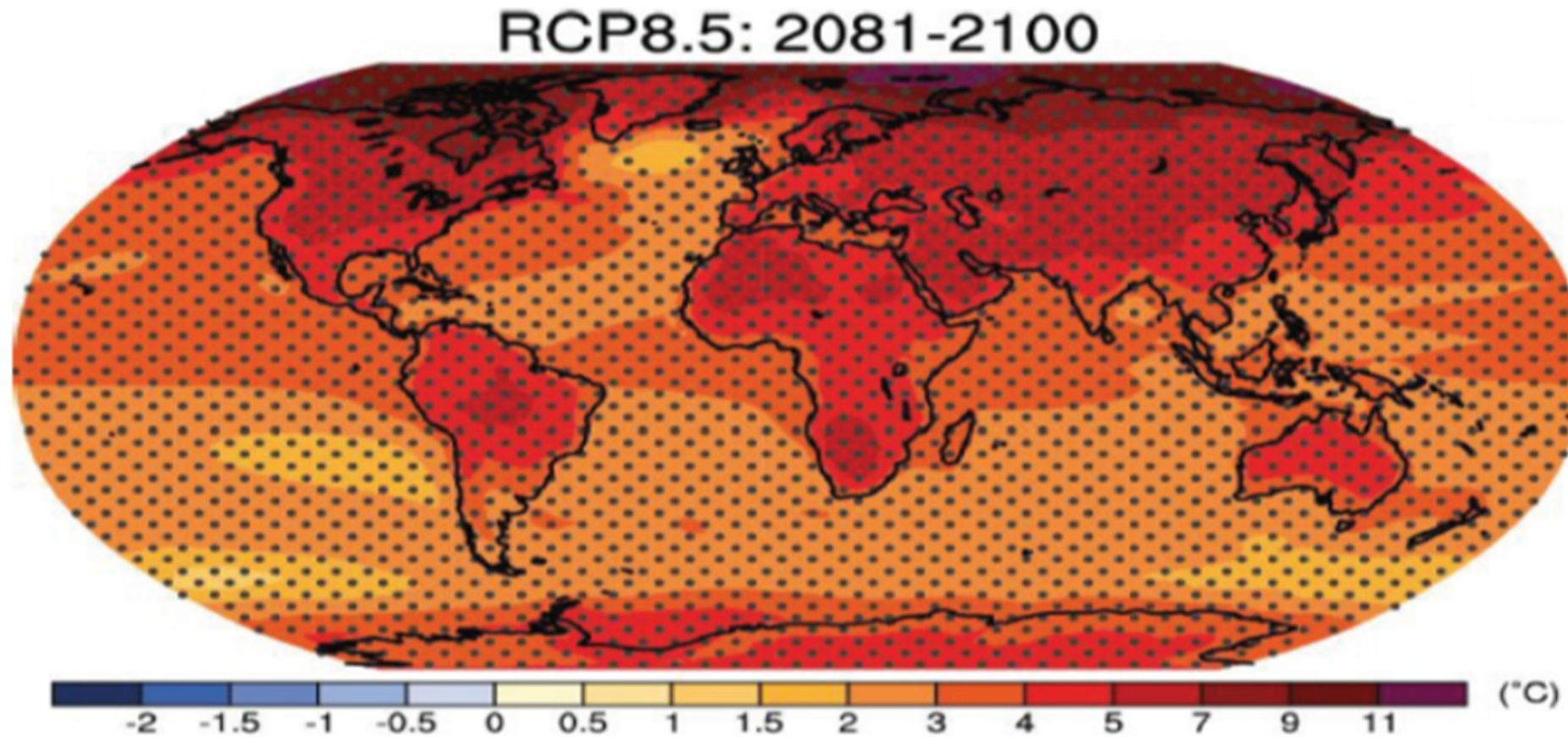
- **Biyosfer:** Karbon, su ve enerji döngülerine biyolojik geri beslemeler sağlar.
- **Litosfer:** Topografya ve toprak özellikleri üzerinden hidrolojik ve enerji süreçlerini yönlendirir.

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) son raporlarına göre;

Sıcaklık Artışları:

- 2050: ~2.5–3°C artış
- Yüzyılın sonu itibarı ile

6°C artış

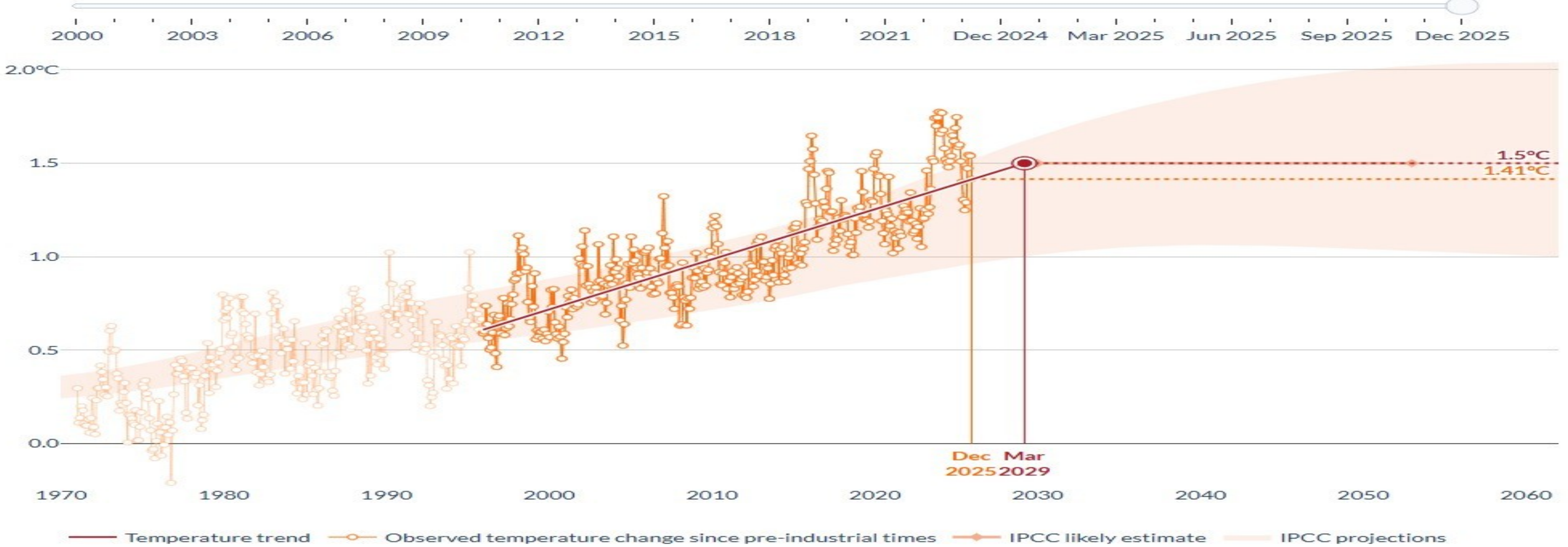


sonunda ise artışların 6°C'yi bulacağı öngörülmektedir.

Global warming reached an estimated **1.41°C** in **December 2025**.

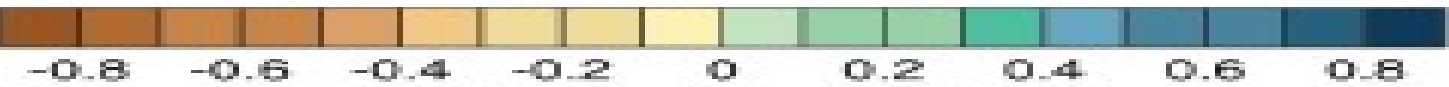
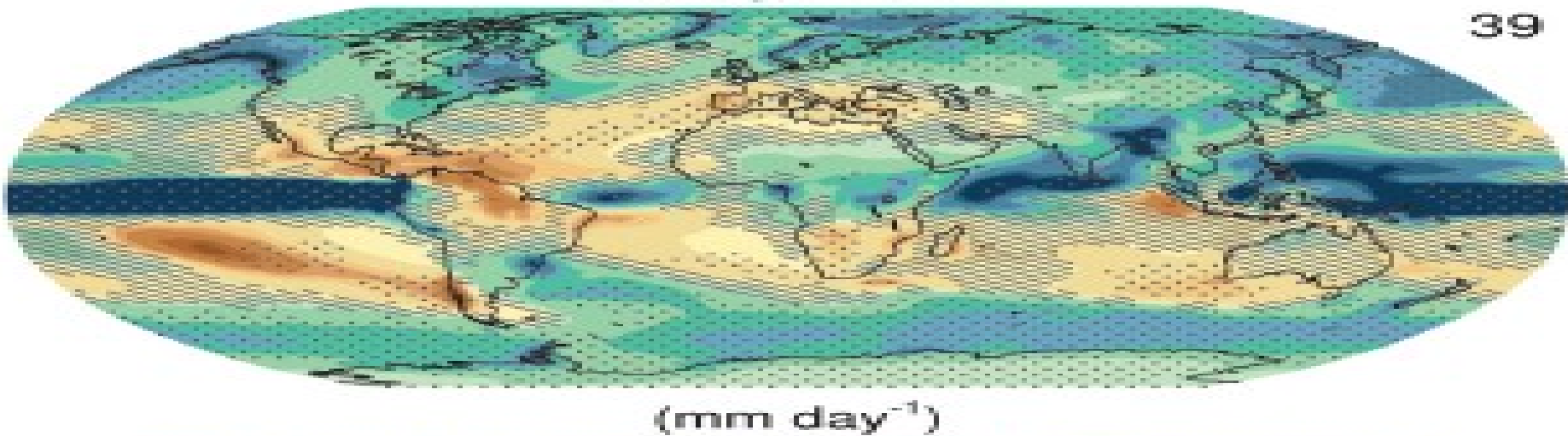
If the 30-year warming trend leading up to then continued,
global warming would reach **1.5°C** by **March 2029**.

Extrapolate from: Dec 2025

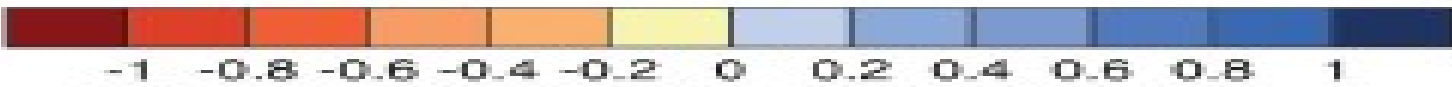
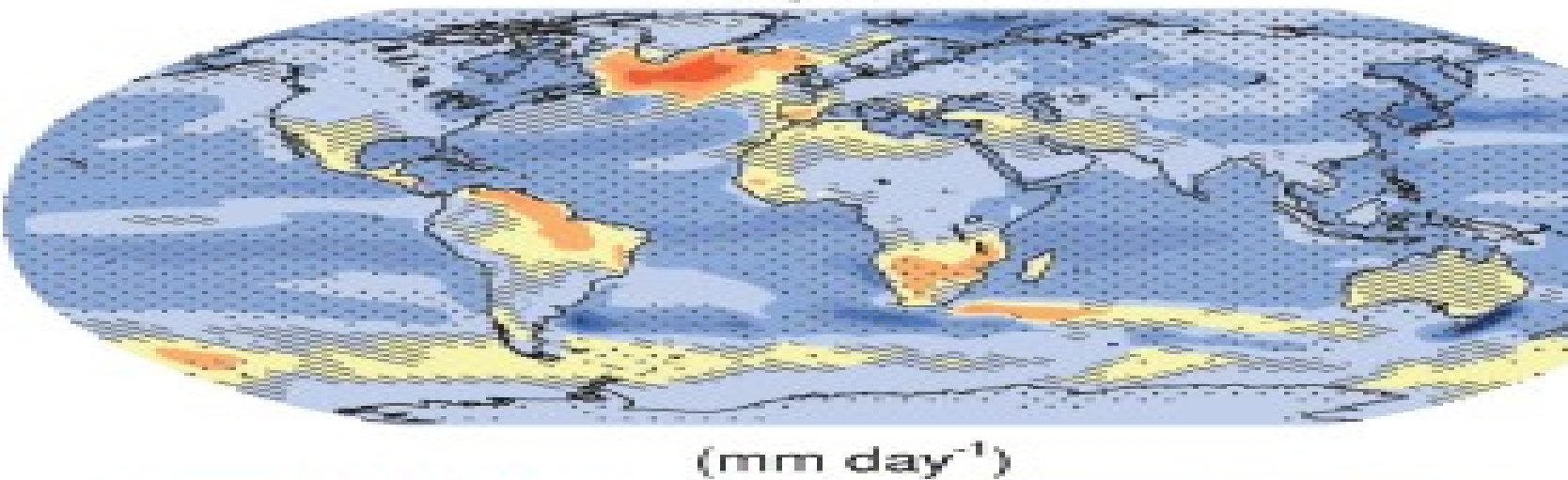


Annual mean hydrological cycle change (RCP8.5: 2081-2100)

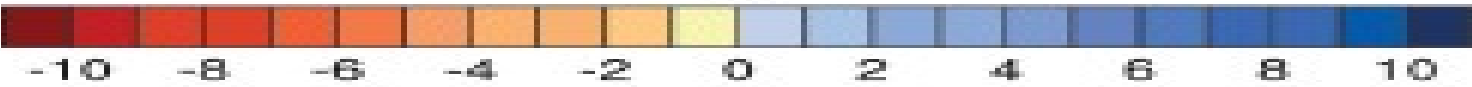
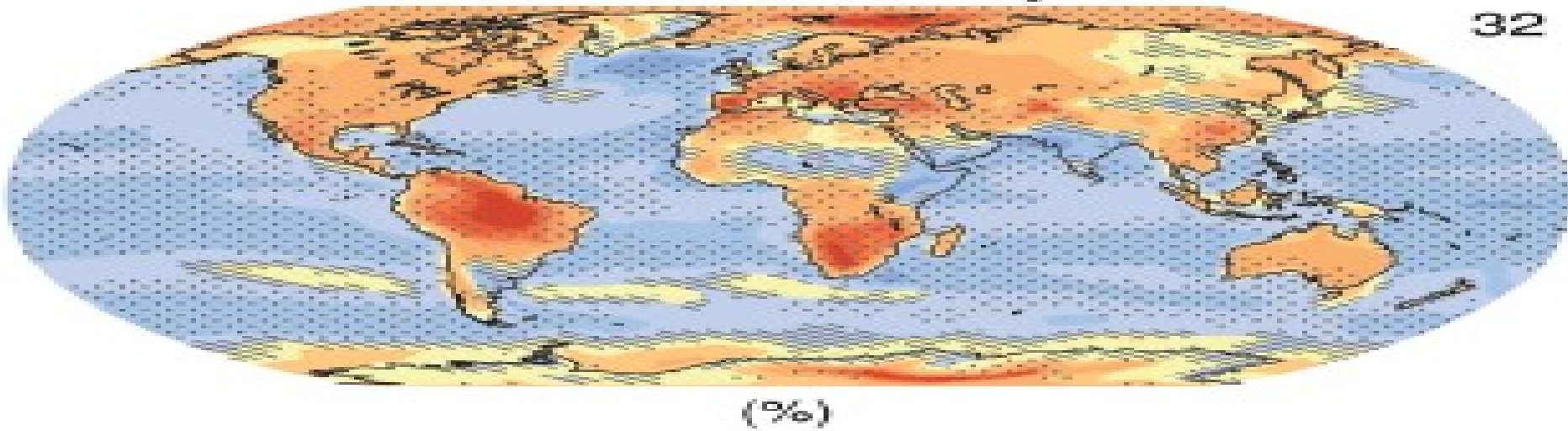
Precipitation



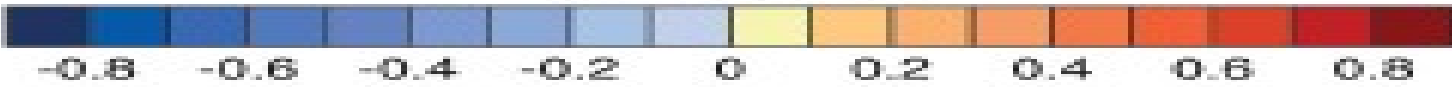
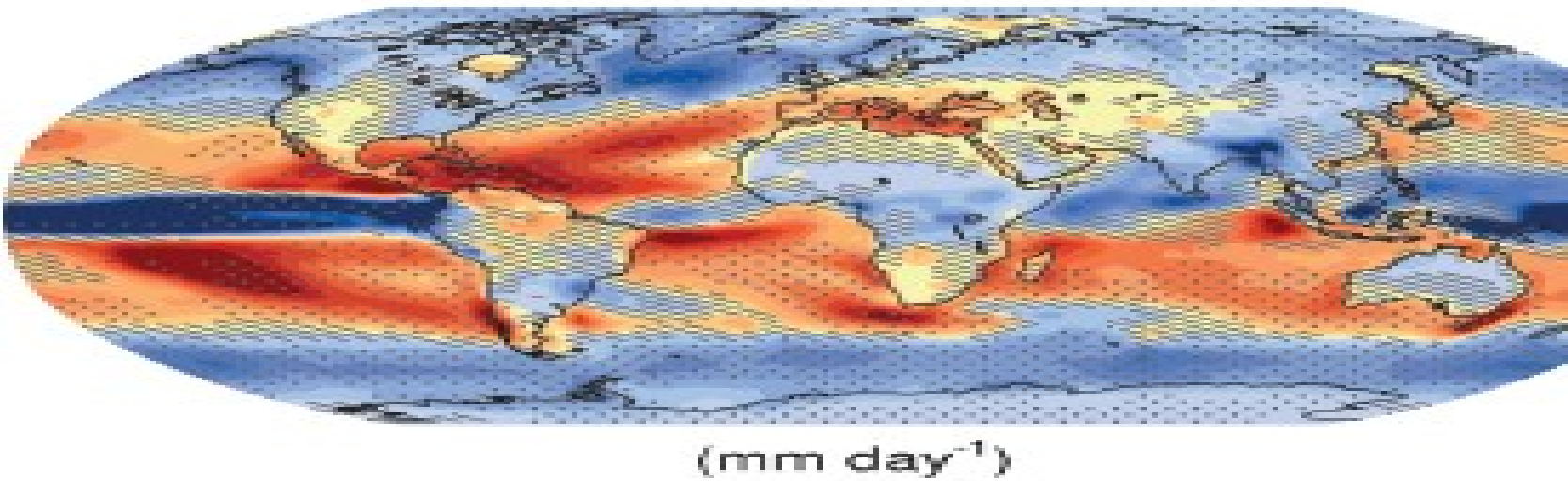
Evaporation



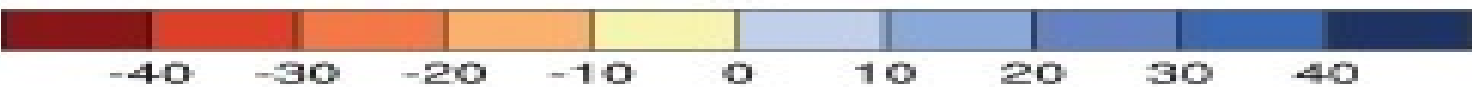
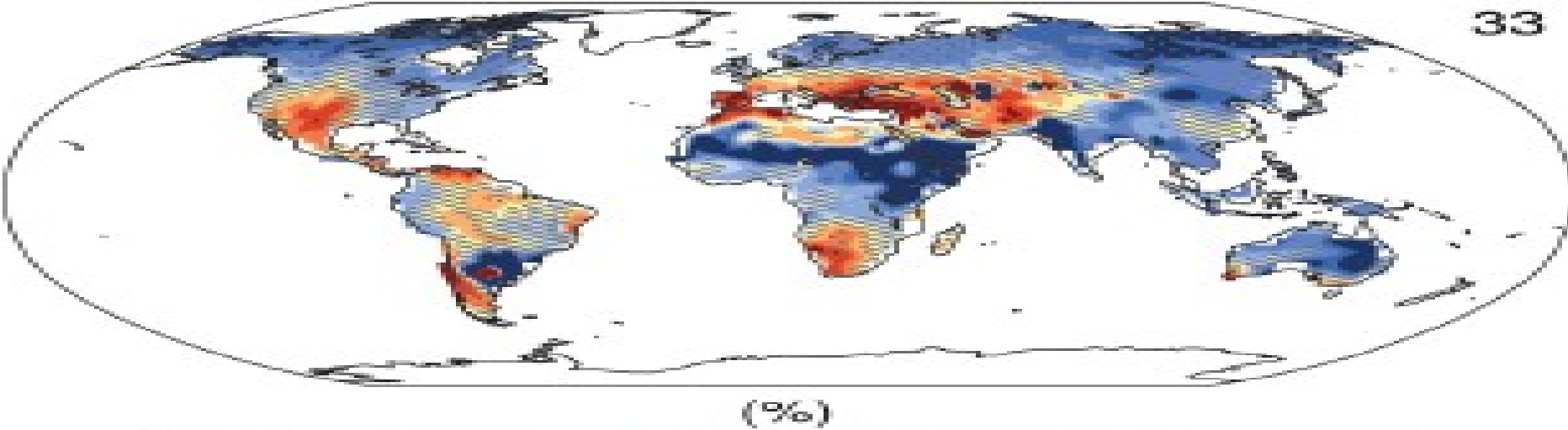
Relative humidity



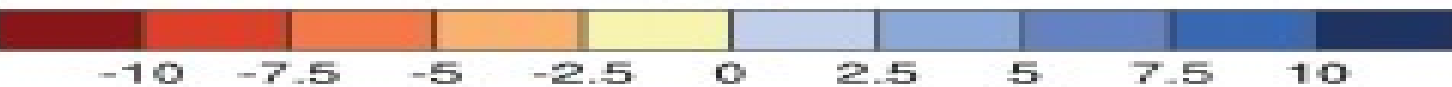
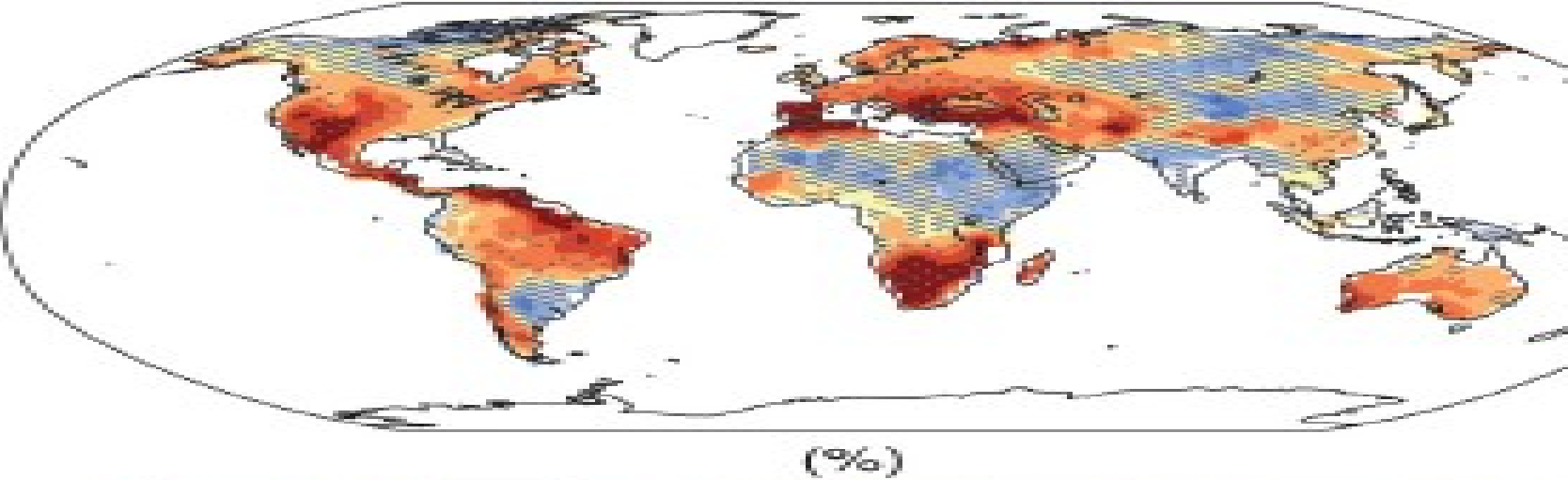
E-P



Runoff

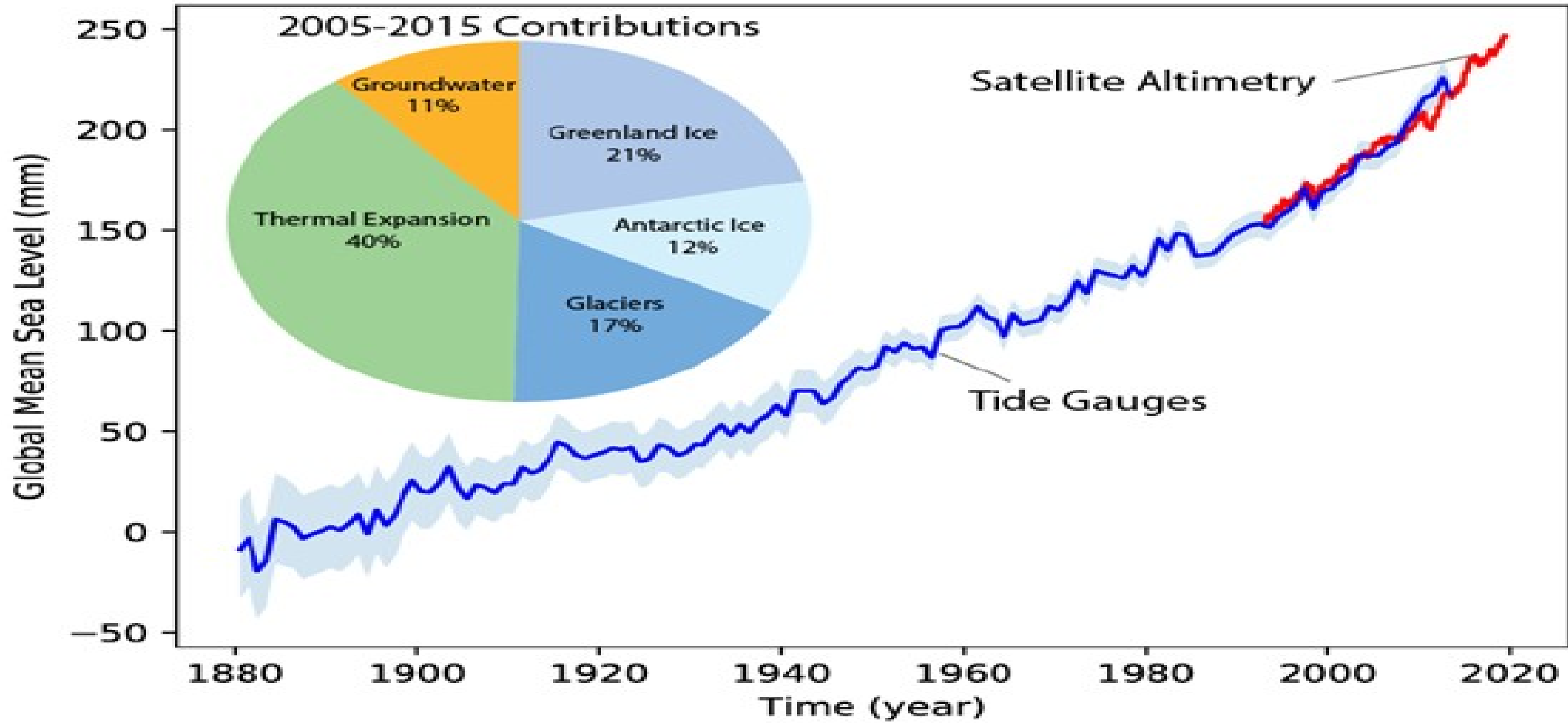


Soil moisture

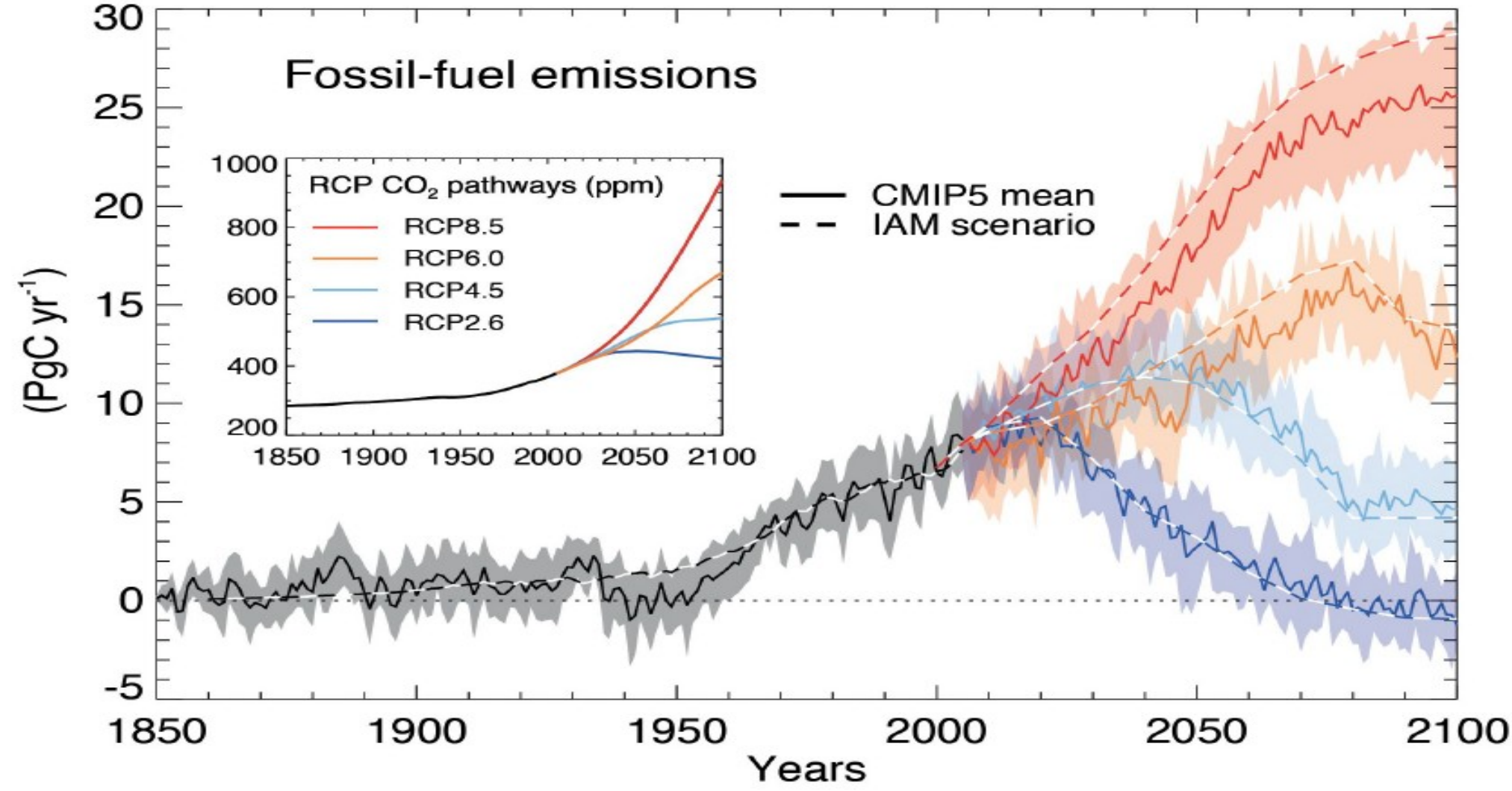




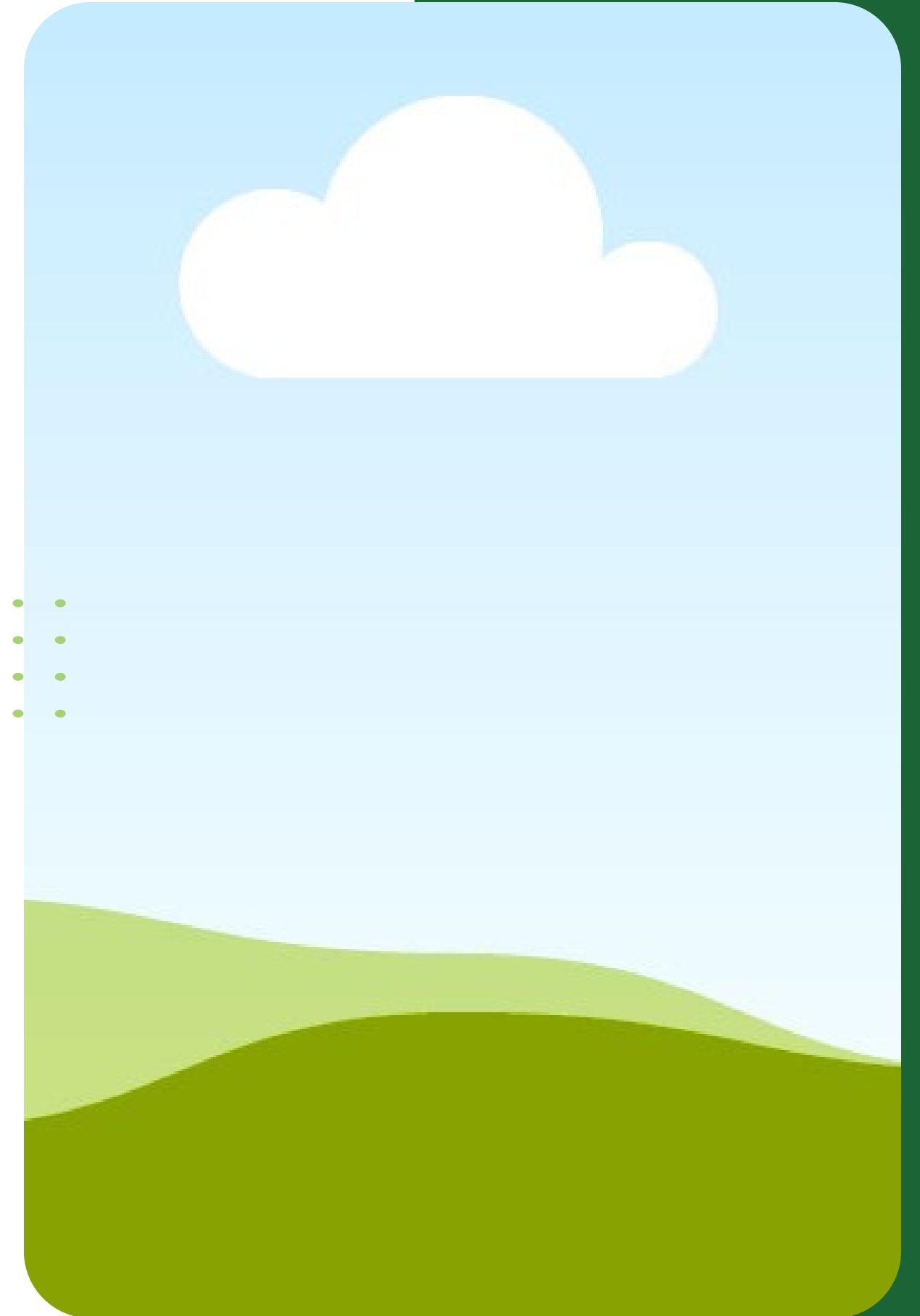
**Dünya genelinde
birçok havza kronik
su stresi altındadır.
Yeraltı sularındaki
düşüş, iklim
değişikliğinin en
sessiz ama en
tehlikeli
sonuçlarından
biridir.**



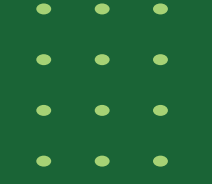
Küresel ortalama deniz seviyesi, özellikle ısı genleşme ve buz tabakalarının erimesi nedeniyle sürekli artmaktadır.



Fosil yakıt emisyonları 20. yüzyılın ortasından itibaren hızla artmış, gelecekteki eğilimler ise azaltım senaryolarına bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir (www.IPCC.ch)



BAŞLIK



Yağış kaynaklı su mevcudiyetinde azalma



Kuraklıkların sıklık ve şiddetinde artış



Buzulların geri çekilme hızında artış



Deniz seviyesinin yükselmesi ve taşkın risklerinin artması



Ekosistem hizmetlerinde bozulma ve yapısal bütünlüğünün zayıflaması



Tarımsal üretkenlikte düşüş



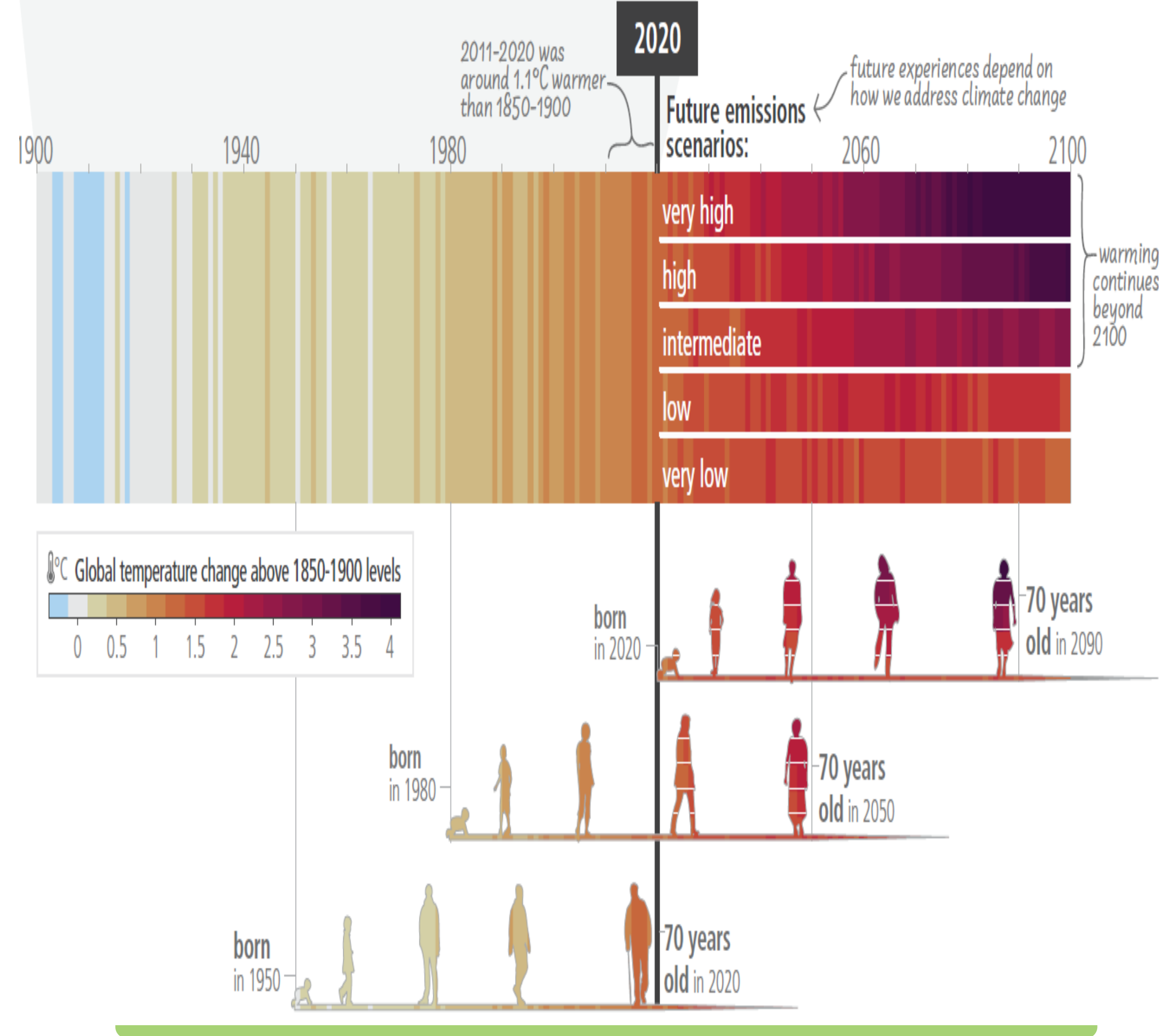
Biyolojik çeşitlilikte azalma



İklim kaynaklı göç baskılarının artması

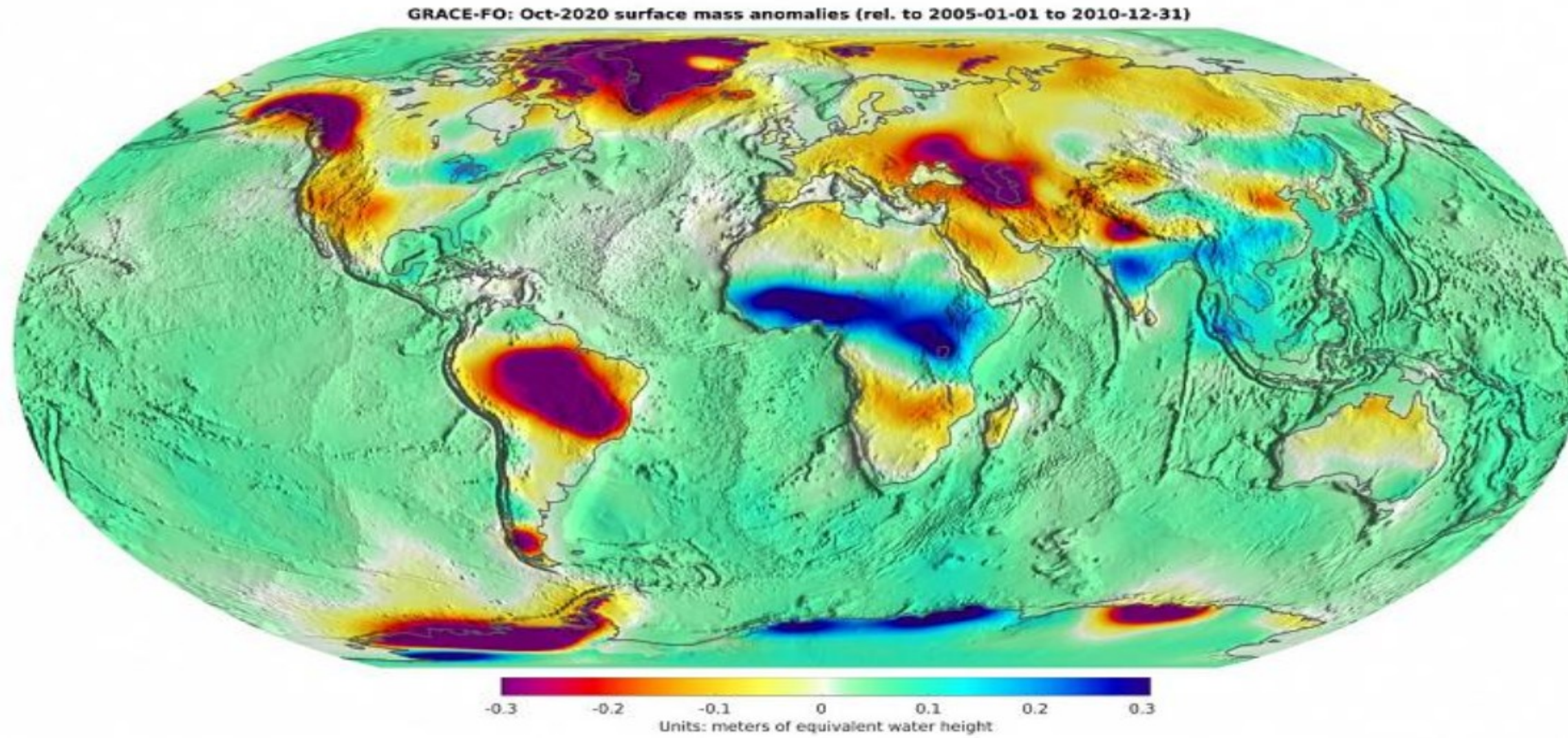
Doğal afetlerin ve aşırı iklim olaylarının sıklık ve şiddetinde artış





Bugün alınan politika ve uygulamalar, gelecekteki iklim etkilerinin ölçeğini belirleyecektir

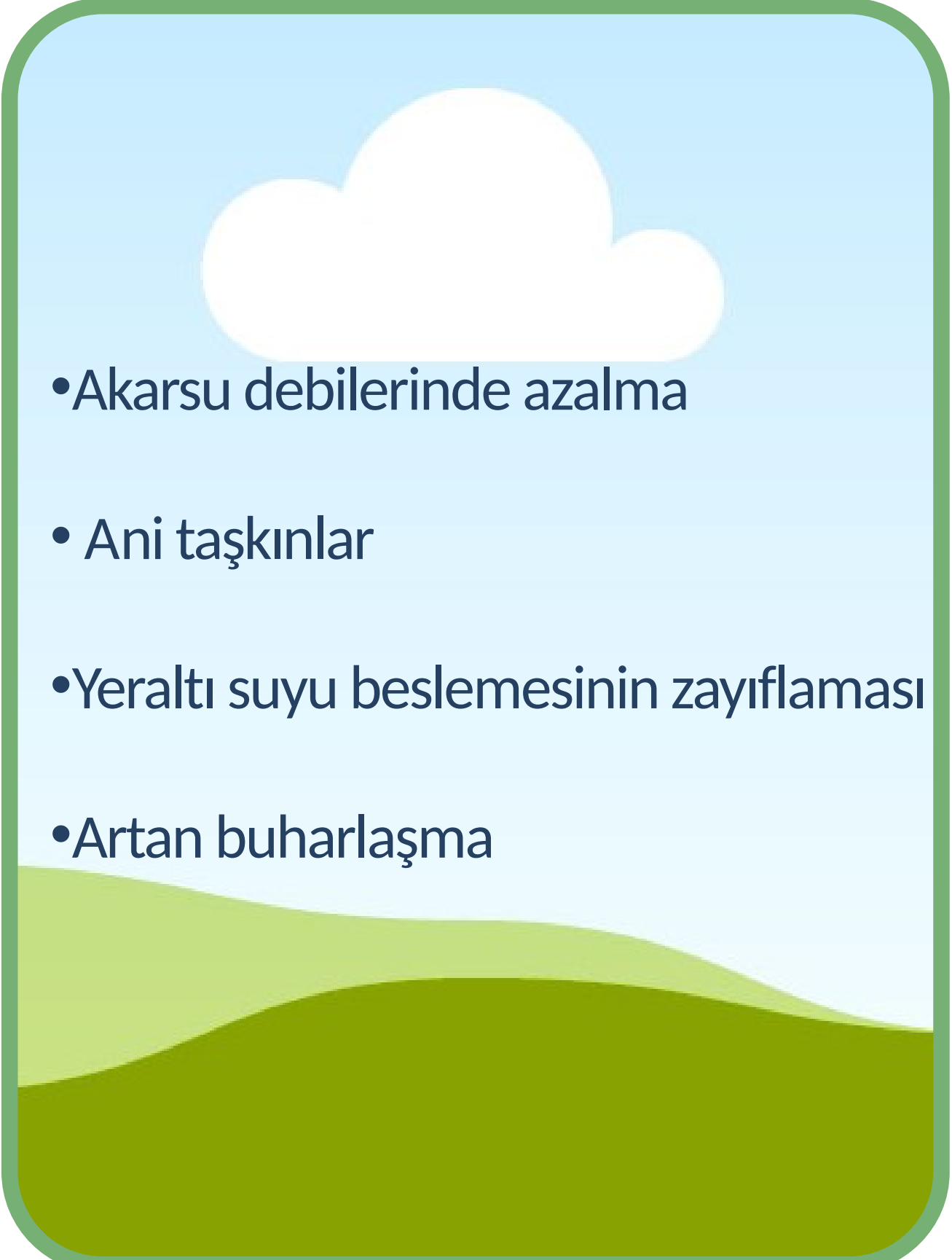
Paralel etki: Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik
ve sosyo-ekonomik kuraklıkların sıklığı ve
şiddetinde artışlar...



- * Akarsu debilerinde azalma ve ani taşkınlar
- * Yeraltı suyu beslenmesinin zayıflaması
- * Artan buharlaşma

II - KÜRESEL İKLİM RİSKLERİ VE SU KRİZİNİN BOYUTLARI



- 
- Akarsu debilerinde azalma
 - Ani taşkınlar
 - Yeraltı suyu beslemesinin zayıflaması
 - Artan buharlaşma

Su kaynaklarımız sınırlı hale gelecek...

2050 yılına gelindiğinde



25%

İhtiyacımızdan daha az su

4 Milyar

şiddetli su stresi altında yaşam

40L

Kişi başına günlük



II - KÜRESEL İKLİM RİSKLERİ VE SU KRİZİNİN BOYUTLARI



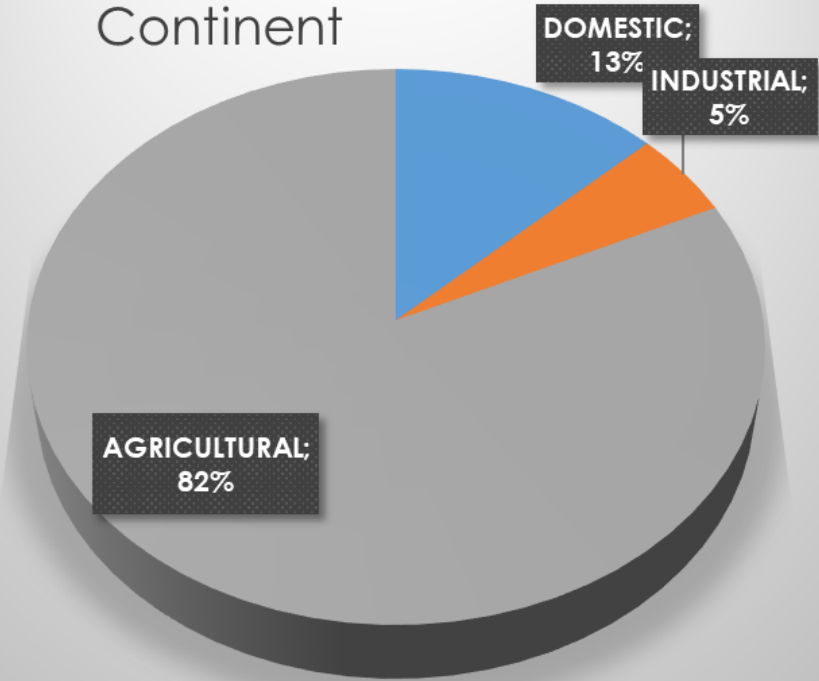
Global ölçekte,

70% tarım

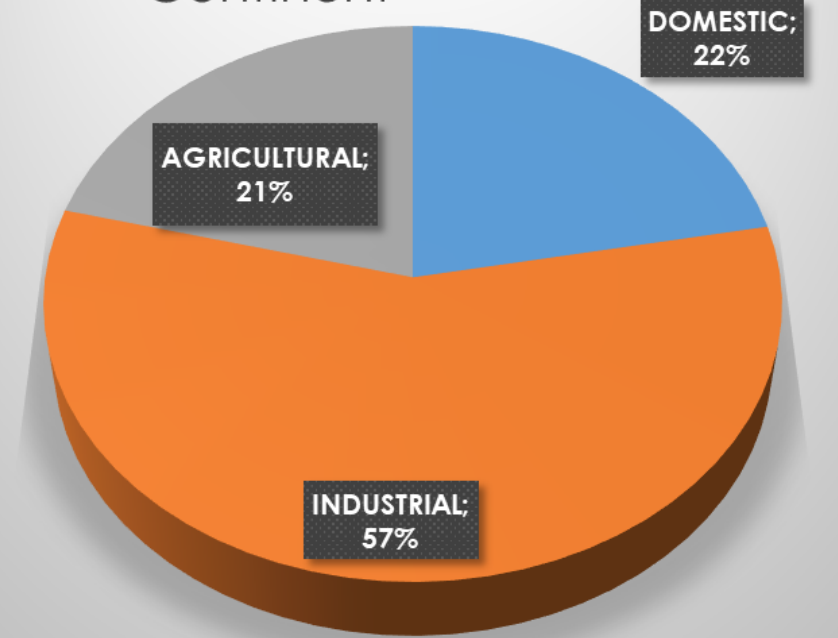
19% sanayi

11% evsel

Water Use of African Continent

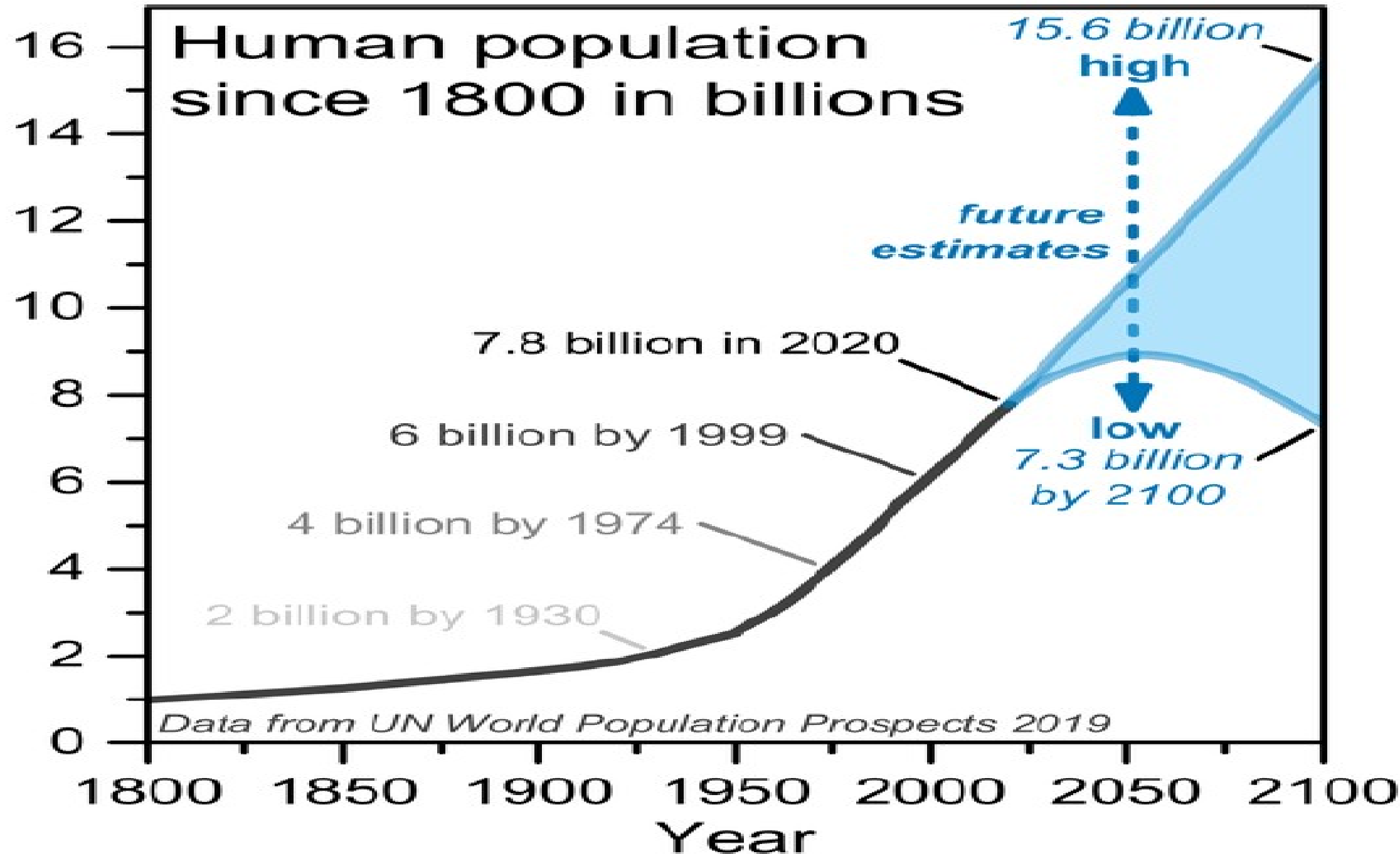


Water Use of European Continent



Kişi başına düşen su miktarı (m³/year)

	World	Turkey
Potential	8000	1300



Falkenmark (1989)
sınıflandırmasına göre, kişi
başına düşen yıllık su
miktarının 1000–2000 m³
aralığında olduğu ülkeler su
kısıtı ile karşı karşıyadır.

İklim riskleri paralelinde stratejiler



Polatlı - Ankara

İklim Değişikliğine Uyum Odaklı;

- İklim değişikliği koşullarında hızla artan nüfusun beslenme ihtiyacının karşılanması,
- Sanayi için gerekli hammaddelere kesintisiz erişimin sağlanması,
- Tarımsal üretimin iklim dirençli, nitelikli ve yeterli düzeyde sürdürülmesikorunması.

İklim riskleri paralelinde stratejiler

Sürdürülebilirlik Odaklı;

- Artan nüfus için yeterli ve sağlıklı beslenmenin güvence altına alınması,
- Sanayinin artan hammadde gereksiniminin sürdürülebilir biçimde karşılanması,
- Tarımsal üretimde kalite ve miktarın uzun vadede korunması.

19



Ekosistemlerin bozulması,
toprak verimliliğinin azalması ve çölleşme
riskinin artması;

İklim değışikliğı ile birlikte doğal kaynak
yönetiminde **yeni ve bütüncül stratejileri**
zorunlu kılmaktadır.



I - KÜRESEL İKLİM RİSKLERİ VE SU KRİZİNİN BOYUTLARI

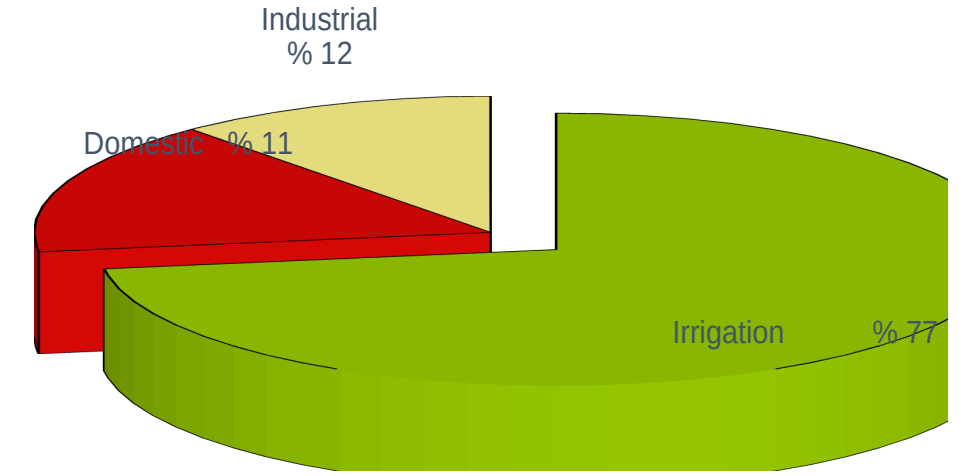
II - EKOSİSTEM, TOPRAK VE ÇÖLLEŞME: DOĞAL KAYNAKLARIN SINIRLARI

III -TEKNOLOJİK VE ALTERNATİF ÇÖZÜMLER: DAYANIKLI SU YÖNETİMİ

V - BÜTÜNCÜL UYUM, POLİTİKA VE SÜRDÜRÜLEBİLİR GELECEK

Water resource	Turkey
Mean precipitation (mm)	574
Gross water potential (billion m ³)	450
Net water potential (billion m ³)	188
Usable water (billion m ³)	112
Surface	98
Groundwater	14

DSİ, 2016, 2021



Ülkemizde tüketilen suyun 39 milyar m³'ü (%72,2) yüzey sularından, 15 milyar m³'ü (%27,8) ise yeraltı sularından sağlanmaktadır (DSİ, 2021; Ulusal Su Planı 2019–2023).

İklim riskleri paralelinde stratejiler;

Politika ve Strateji Odaklı;

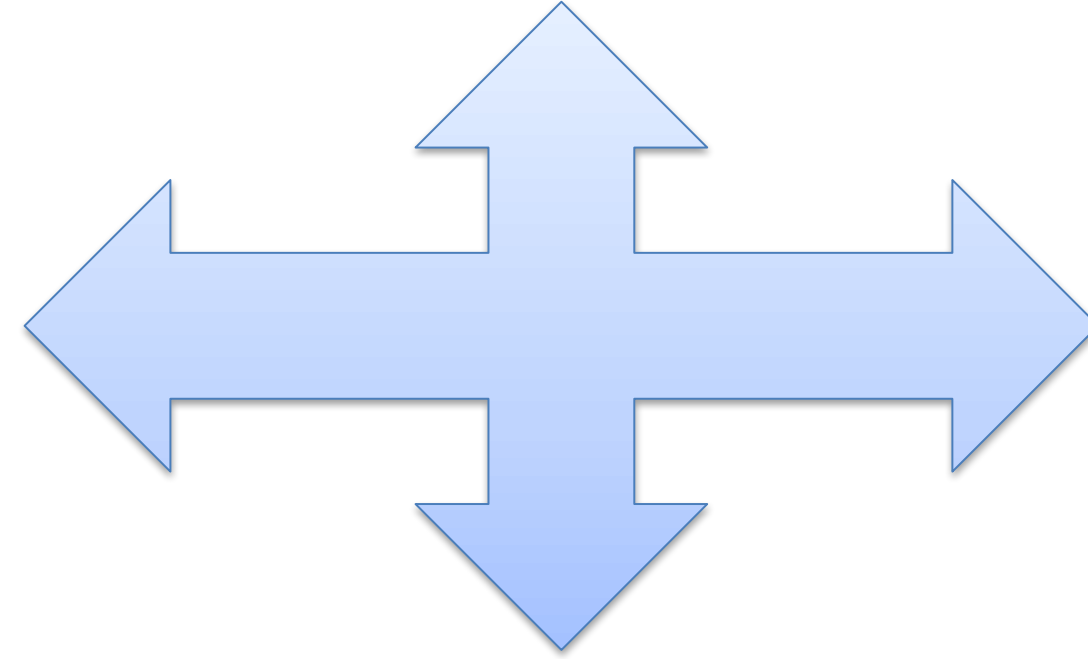
- Gıda güvenliğinin sağlanması,
- Sanayinin artan hammadde talebinin karşılanması,
- Tarımsal üretimde kalite ve miktar sürdürülebilirlik teminat altına alınması.



SU KAYNAKLARININ ETKİN VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ

Entegre Su Kaynakları Yönetimi (IWRM)

- Nehir havzası temelli planlama ve yönetim yaklaşımı
- Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (WFD, 2000/60/EC)



Su ile İlişkili Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

- **SDG 6:** Temiz Su ve Sanitasyon
- **SDG 13:** İklim
- **SDG 14:** Sudaki Yaşam
- **SDG 15:** Karasal Ekosistemler

24



 **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**



Shared Prosperity Dignified Life



➤ A 3 °C sıcaklık artışı 2050 yılı itibari ile 25–50% verim azalması (**IPCC, 2023**)

- 1 °C sıcaklık artışı
- ✓ Buğday: –6%
 - ✓ Mısır: –7.4%
 - ✓ Çeltik: –3.2%
 - ✓ Soya: –3.1%



Verim azalması yaratacak (**Turkey Agricultural and Food Report, 2020**)

➤ İklim değişikliğinin etkileriyle tetiklenen fiyat artışları, ürün türüne bağlı olarak %84'e kadar ulaşabilir

TEMEL HEDEFLER;

- Daha az su ile daha fazla üretmek,

- Birim sudan elde edilen faydayı maksimuma çıkarmak

- kişi başına düşen geliri artırmak 26

- Milli gelire katkı sağlamak

SU EKOSİSTEMLERİ VE HİDROLOJİK DEĞİŞİMLER

İklim değışikliğı, su ekosistemlerinin doğal işleyişini bozarak ekolojik ve hidroljik dengeleri geri dönüşü zor biçimde etkilemektedir.

Akarsu rejimleri, göl seviyeleri ve sulak alanlar iklim değışikliğine en hızlı tepki veren sistemlerdir;²⁷ bu nedenle erken uyarı göstergesi niteliğı taşırlar.



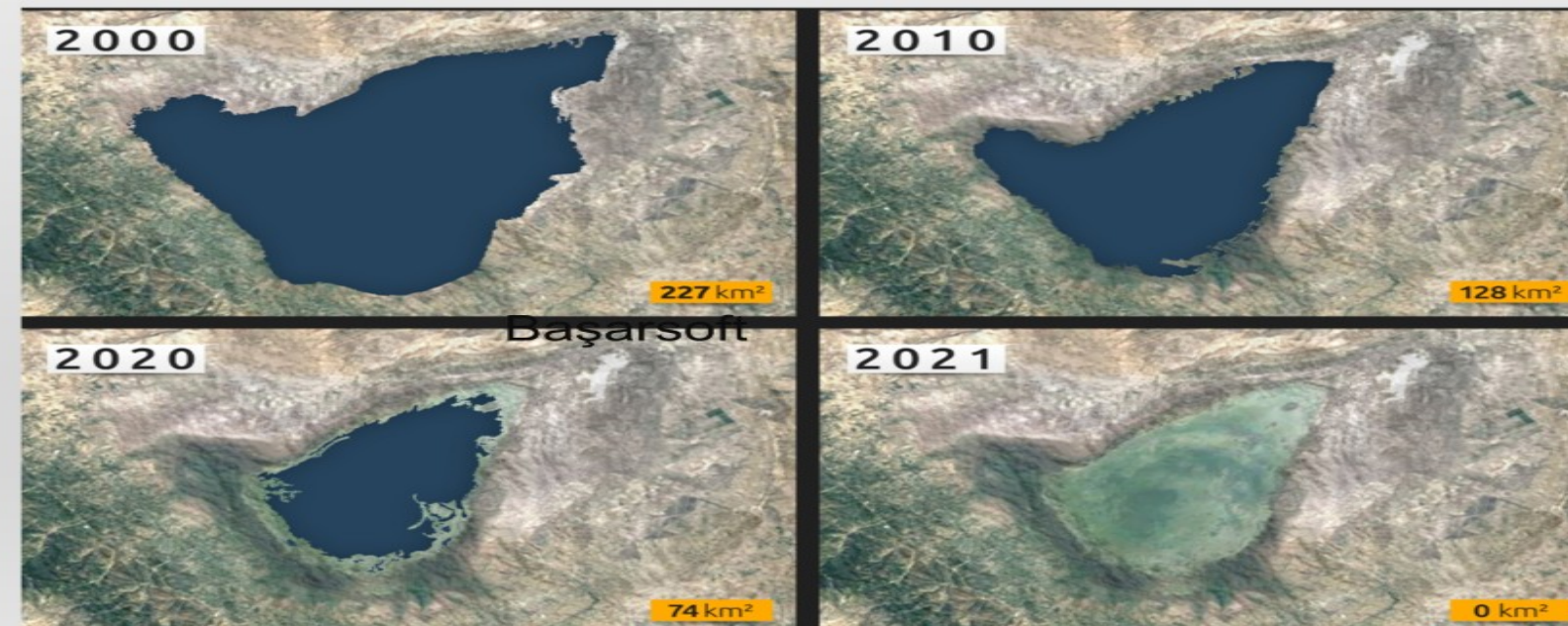
EKOSİSTEM KAYIPLARI VE SOSYO-EKONOMİK ETKİLER

Ekosistem kayıpları yalnızca biyolojik çeşitliliği değil, geçim kaynaklarını ve bölgesel kalkınmayı da doğrudan tehdit etmektedir.

Sulak alan kaybı; tarım, balıkçılık ve yerel ekonomi üzerinde zincirleme etkiler yaratır. Aral Denizi, bu sürecin en çarpıcı örneklerinden biridir.



Aral gölü - NASA



Akşehir gölü - Landsat

EKOSİSTEM TEMELLİ UYUM YAKLAŞIMLARI

- Sulak alan restorasyonu

- Ekosistem temelli uyum yaklaşımları,

iklim değişikliğine karşı düşük maliyetli ve çoklu fayda sağlayan çözümler sunar.

29

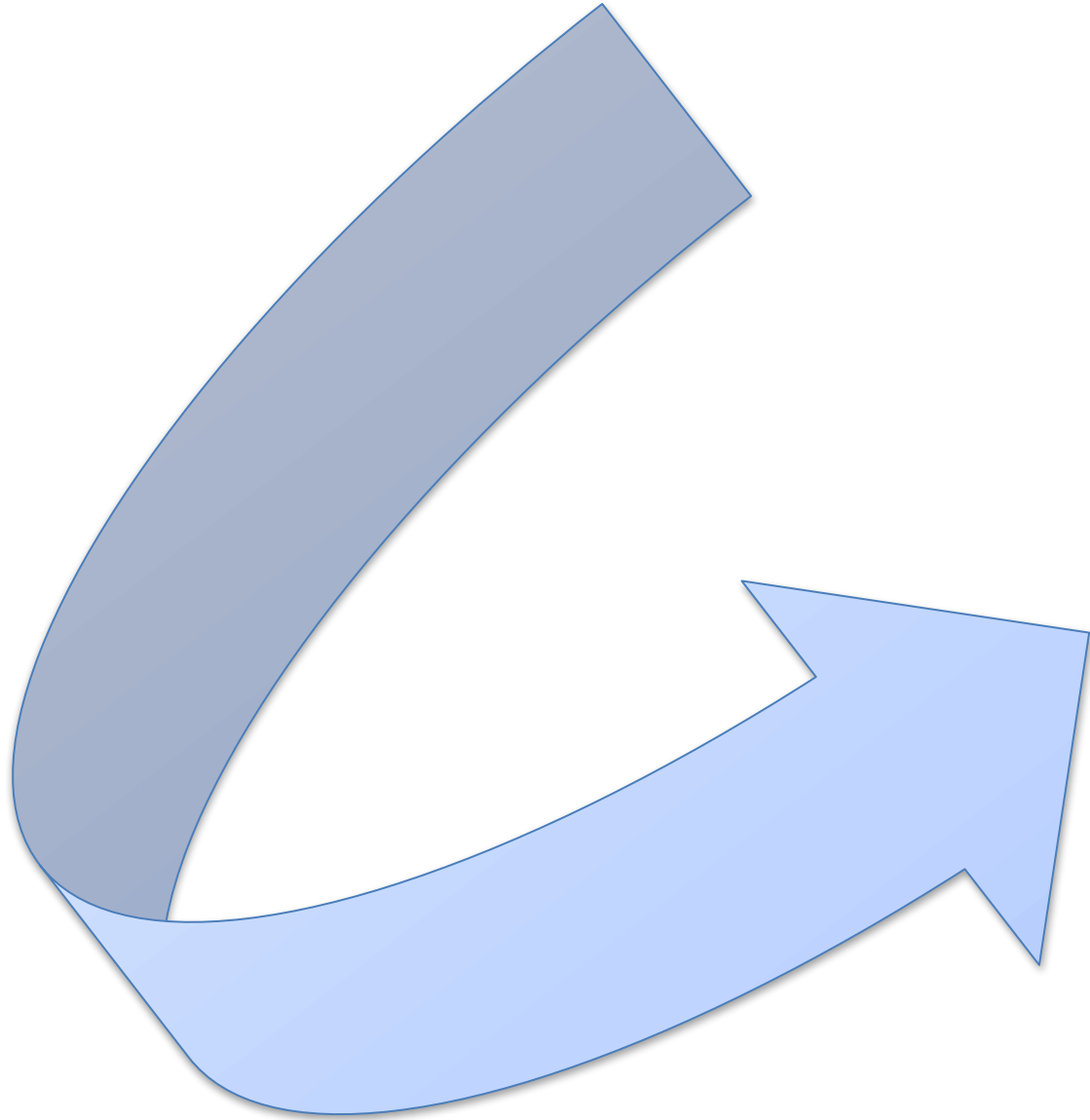
Sulak alan restorasyonu ve çevresel akış uygulamaları, hem su güvenliğini hem de ekosistem hizmetlerini birlikte güçlendirir.

SU EKOSİSTEMLERİ VE HİDROLOJİK DEĞİŞİMLER

- Toprak ve orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi, su verimliliği ve iklim direnci açısından kilit rol oynamaktadır.
- Muhafaza tarımı ve organik madde artışı su tutma kapasitesini yükseltirken, ormanlar iklim değişikliğine karşı doğal tampon görevi görür.

Entegre Su Yönetimi;

Sosyal, ekonomik ve politik iş birliği yoluyla suyun yeterli miktar ve uygun kalitede temin edilmesini sağlamak.



Sürdürülebilir Tarımsal Su Yönetimi İçin Önlemler

Su Kullanım Verimliliğinin Artırılması

Teknolojik Yenilikler

³¹ Su Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

Toprak ve Arazi Yönetimi

Politika, Yönetişim ve Ekonomi

Araştırma ve İş Birliği

TARIMDA UYUM STRATEJİLERİ

Sulama Sistemlerinin Performansının ve Su Kullanım Etkinliğinin Artırılması

- Hassas sulama ve kısıntılı sulama uygulamaları
- Damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması

Teknolojik Yenilikler

- Akıllı sulama sistemleri, uzaktan algılama ve dijital izleme araçları
- Sulama zamanlaması için yapay zekâ ve büyük veri uygulamaları

Su Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

- Yağmur suyu hasadı ve tarla içi su depolama sistemleri ³²
- Arıtılmış atık suların güvenli kullanımı ve suyun yeniden kullanımı

Toprak ve Arazi Yönetimi

- Su kayıplarını azaltmak için koruyucu toprak işleme, malçlama ve agroormancılık

Drenajın iyileştirilmesi ve tuzluluk kontrolü

- Politika, Yönetim ve Ekonomi
- Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi (BSKY) ilkeleri kapsamında havza ölçeğinde su tahsisi

Su verimliliğini teşvik eden destek ve fiyatlandırma mekanizmaları

- Kuraklığa bağlı verim kayıplarına karşı sigorta mekanizmaları

Araştırma ve İş Birliği

- İklimle dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi
- Sınır aşan su yönetimi için bölgesel ve uluslararası iş birliği
- Bilgi paylaşımı ve ortak yenilik için platformların oluşturulması



Küresel su verimliliği: ~55%
(Ünver et al., 2017)



İletim verimliliği:

Kanallar: 60–80%

Borulu sistemler: nearly 100%

(FAO & UN-Water, 2024)



Water savings:

Drip and sprinkler systems can save 50–60% compared to surface irrigation.

Water use efficiency:

- Conventional methods: 50–60%
- Sprinkler: ~80% Drip: ~95%

34



TARIMDA UYUM STRATEJİLERİ

Sulama Sistemlerinin Performansının ve Su Kullanım Etkinliğinin Artırılması

- Hassas sulama ve kısıntılı sulama uygulamaları
- Damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması

Teknolojik Yenilikler

- Akıllı sulama sistemleri, uzaktan algılama ve dijital izleme araçları
- Sulama zamanlaması için yapay zekâ ve büyük veri uygulamaları

Su Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

- Yağmur suyu hasadı ve tarla içi su depolama sistemleri ³⁵
- Arıtılmış atık suların güvenli kullanımı ve suyun yeniden kullanımı

Toprak ve Arazi Yönetimi

- Su kayıplarını azaltmak için koruyucu toprak işleme, malçlama ve agroormancılık

Drenajın iyileştirilmesi ve tuzluluk kontrolü

- Politika, Yönetim ve Ekonomi
- Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi (BSKY) ilkeleri kapsamında havza ölçeğinde su tahsisi

Su verimliliğini teşvik eden destek ve fiyatlandırma mekanizmaları

- Kuraklığa bağlı verim kayıplarına karşı sigorta mekanizmaları

Araştırma ve İş Birliği

- İklimle dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi
- Sınır aşan su yönetimi için bölgesel ve uluslararası iş birliği
- Bilgi paylaşımı ve ortak yenilik için platformların oluşturulması

Su Kaynakları ve Toprak Yönetimi

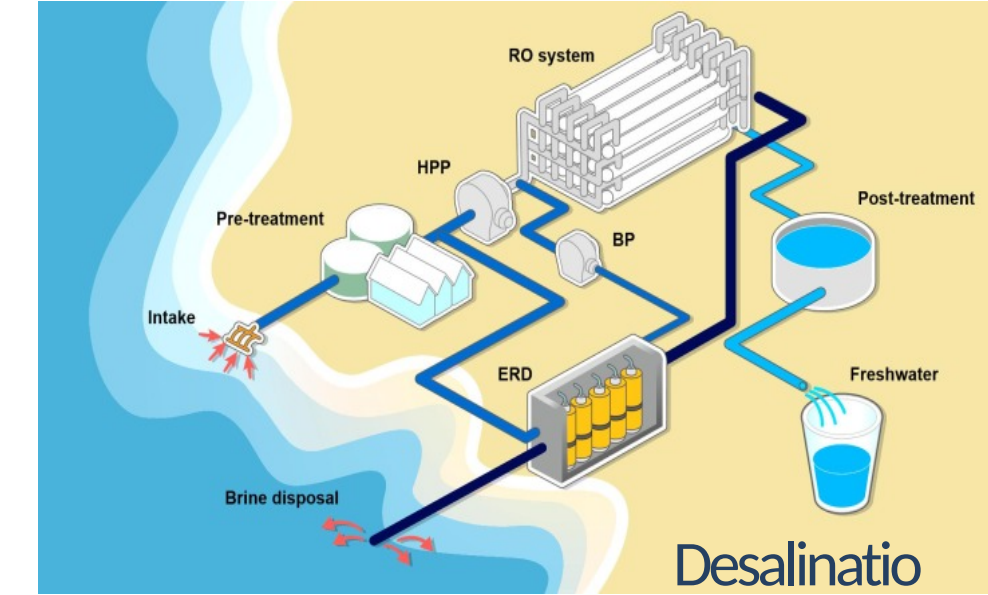
Su Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

- Su arzını desteklemek amacıyla **yağmur suyu hasadı** ve **tarla içi su depolama sistemlerinin** kullanılması
- Arıtılmış atık suların güvenli kullanımı ve suyun **yeniden kullanımına yönelik teknolojilerin** yaygınlaştırılması



Toprak ve Arazi Yönetimi

- Su kayıplarını azaltmak amacıyla **koruyucu toprak işleme, malçlama ve agroormancılık uygulamaları**
- Toprak verimliliğinin korunması için **drenaj sistemlerinin iyileştirilmesi ve tuzluluk kontrolü**



Bütüncül Bir Yaklaşımın Bileşenleri

Su kaynaklarının çeşitlendirilmesi
Toprak ve arazi yönetimi
Politika ve yönetim
Araştırma ve iş birliği

Teknolojik Yenilikler

Akıllı sulama sistemleri
Uzaktan algılama teknolojileri
Yapay zekâ uygulamaları
Büyük veri analitiği

Temel Çıktılar

Optimize edilmiş su kullanımı
Artırılmış kaynak kullanım etkinliği
Güçlendirilmiş iklim direnci
Sürdürülebilir tarımsal üretim

Afyonkarahisar Evsel Atık Su Tesisi

9.050 dekar tarım arazisi, günde
44.000 metreküp su, milli gelire
yıllık 53 milyon TL katkı.

DSİ, 2023

TÜBİTAK 1001-2210254 Projesi:

Atıksu Arıtma Tesis Çıkış Suyunun Geri Kazanımı ve Pirinç Yetiştiriciliği Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Kuraklığa dayanıklı ürünlerin teşvik edilmesi ve basınçlı sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması
- Akıllı sulama sistemleri, IoT tabanlı izleme ve yapay zekâ destekli karar destek sistemlerinin entegrasyonu
- Enerji ve maliyet verimliliği için güneş enerjili sulama sistemlerinin teşvik edilmesi
- Drenaj iyileştirmeleri, arazi toplulaştırması ve arıtılmış atık suların yeniden kullanımının artırılması

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Su kaynaklarının gerçek zamanlı izlenmesi için dijital platformların kullanılması
- Sürdürülebilir su kullanımında teknolojik yeniliklerin itici güç olarak değerlendirilmesi
- Eğitim, bilgi paylaşımı ve kapasite geliştirme faaliyetlerinin güçlendirilmesi
- Su yönetimi için bölgesel ve uluslararası iş birliğinin artırılması
- Su verimliliği stratejilerinin iklim direnci ve gıda güvenliği ile ilişkilendirilmesi

REFERANSLAR:

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO. <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *Irrigation and agricultural water management: Information brief*. FAO. <https://www.fao.org>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2020). *OECD studies on water: Water governance in agriculture*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/36f9c65b-en>
- World Bank. (2021). *Water in agriculture: Water productivity and irrigation*. World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>
- Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture. *AgriEngineering*, 7(4), 106. <https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106>

- Fairweather, H., N. Austin and M. Hope, 2003. An Information Package. Land and Water Australia. Water Use Efficiency, National Program for Sustainable Irrigation, Irrigation Insights Number 5. (Online) Available at: <http://www.naturalresources.sa.gov.au/> (2018, May 1).
- FAO Aquastat, 2016. Available at : <http://www.fao.org/nr/aquastat>
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Kodall S., Y. Ahi, 2018. Tarımda su verimliliği. Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayınları, 30(354), 30-37.
- TAGEM, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. GTHB-TAGEM, DSİ, Ankara.
- Ünver ve ark., 2017. Water-Use Efficiency and Productivity Improvements Towards a Sustainable Pathway for Meeting Future Water Demand. Water Security, Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasec.2017.05.001>
- FAO & UN-Water. 2024. Progress on the level of water stress – Mid-term status of SDG Indicator 6.4.2 and acceleration needs, with special focus on food security - 2024. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2179en>
- Allen, R.G. et al. (2011). Crop Evapotranspiration: FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO.
- Bastiaanssen, W.G.M. et al. (2000). Remote sensing for irrigation management. Agricultural Water Management.
- Camp, C.R. (1998). Subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASAE.

- Evans, R.G., & Sadler, E.J. (2008). Methods and technologies to improve irrigation efficiency. *Water Resources Research*.
- Jones, H.G. (2004). Irrigation scheduling: Advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*.
- Pereira, L.S. et al. (2012). Irrigation scheduling strategies. *Agricultural Water Management*.
- Pereira, R. et al. (2020). IoT for precision irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- Shamshiri, R.R. et al. (2018). Advances in greenhouse automation and irrigation scheduling. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- FAO & UN-Water. 2024. Progress on the level of water stress – Mid-term status of SDG Indicator 6.4.2 and acceleration needs, with special focus on food security - 2024. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2179en>



**DOĞAYA HASSASİYETİMİZ VE
FARKINDALIĞIMIZ GELECEK NESİLLERE
MİRAS KALACAKTIR !!!**

Teşekkürlerimi sunarım

e-mail: ysmahi@ankara.edu.tr

