ISSN 1831-9424

European Commission

JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT

Tarımsal su yönetimi için doğa temelli çözümler

Daha geniş bir benimseme için özellikler ve kolaylaştırıcı faktörler

Pistocchi, A. (editör)

2022

Bu yayın, Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi servisi olan Ortak Araştırma Merkezi (JRC) tarafından hazırlanan Politika için Bilim raporudur. Avrupa politika oluşturma sürecine kanıta dayalı bilimsel destek sağlamayı amaçlamaktadır. Bu yayının içeriği Avrupa Komisyonu'nun görüş veya tutumunu yansıtmak zorunda değildir. Ne Avrupa Komisyonu ne de Komisyon adına hareket eden herhangi bir kişi bu yayının kullanımından sorumlu değildir. Bu yayında kullanılan ve kaynağı ne Eurostat ne de diğer Komisyon hizmetleri olan verilerin altında yatan metodoloji ve kalite hakkında bilgi almak isteyen kullanıcılar, atıfta bulunulan kaynakla temasa geçmelidir. Haritalarda kullanılan tanımlamalar ve materyallerin sunumu, Avrupa Birliği'nin herhangi bir ülke, bölge, şehir veya alanın veya yetkililerinin yasal statüsü veya sınırlarının veya sınırlarının sınırlandırılmasıyla ilgili herhangi bir görüş ifade ettiği anlamına gelmez.

İletişim bilgileri
İsim: Alberto Pistocchi
Adres: via E.Fermi 2749 - 21100 Ispra, İtalya E-posta:
alberto.pistocchi@ec.europa.eu
Tel: +39-0332-78-3658

AB Bilim Merkezi
https://joint-research-centre.ec.europa.eu

JRC131465

EUR 31351 TR

PDF ISBN 978-92-76-60487-7 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/343927 KJ-NA-31-351-EN-N

Lüksemburg: Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, 2022

© Avrupa Birliği, 2022

Avrupa Komisyonu belgelerinin yeniden kullanım politikası, Komisyon belgelerinin yeniden kullanımına ilişkin 12 Aralık 2011 tarihli ve 2011/833/EU sayılı Komisyon Kararı ile uygulanmaktadır (OJ L 330, 14.12.2011, s. 39). Aksi belirtilmedikçe, bu belgenin yeniden kullanımına Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/lisansı altında izin verilmektedir). Bu, uygun şekilde atıfta bulunulması ve değişikliklerin belirtilmesi koşuluyla yeniden kullanıma izin verildiği anlamına gelmektedir.

Avrupa Birliği/Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu'na ait olmayan fotoğrafların veya diğer materyallerin kullanımı veya çoğaltılması için doğrudan telif hakkı sahiplerinden izin alınmalıdır.

Bu rapora nasıl atıfta bulunulur? Pistocchi, A. (ed.), *Tarımsal su yönetimi için doğaya dayalı çözümler - Daha geniş bir benimseme için özellikler ve kolaylaştırıcı faktörler*, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, 2022, doi:10.2760/343927, JRC131465.

İçindekiler

Özet 1
Teşekkür 2
Yönetici özeti 3
1 Giriş 4
2 Tarımsal su yönetimi için doğa temelli çözümler (NBS) 7
2.1 Arıtma sulak alanları 7
2.1.1 Gübre yönetimi 7
2.1.2 Arıtma çamuru stabilizasyonu 10
2.2 Yayılı kirlilik kontrolü için tampon şeritler ve sulak alanlar 13
2.3 Geliştirilmiş akarsu içi tutma 26
2.4 Su tutma 29
2.4.1 Göletler 29
2.4.2 Büyük rezervuarlar 30
2.4.3 Geliştirilmiş toprak tutma 32
3 NBS'nin benimsenmesi için gereken koşullar 35
3.1 NBS'yi bir seçim haline getirebilecek olan nedir? 35
3.2 Maliyetlerin ölçülmesi 35
3.3 Faydaların değerlemesi 38
3.4 Yönetişim ve iş modelleri 41
4 Sonuçlar 44
Referanslar 45
Şekillerin listesi 47
Tabloların listesi 49

Özet

Doğaya dayalı çözümler (NBS), biyoçeşitlilik, rekreasyon fırsatları, iklim adaptasyonu gibi diğer faydaları sağlarken, tarımdaki su yönetimi sorunlarını ele almada uygun maliyetli olabilir. Arıtma sulak alanları, gübre uygulamasının kısıtlı olduğu bölgelerde gübredeki fazla besin maddelerinin uzaklaştırılmasını sağlar. Sazlık yataklar, tarım arazilerine uygulanmadan önce çamurun arıtılması için ucuz ve operasyonel olarak basit bir seçenek olabilir. Düşük seviyelerde metal ve diğer kalıcı kirleticiler içermesi muhtemel, az akışlı ve endüstriyel katkıları olan evsel atık su çamurunun arıtılmasında, saz yataklarının uzun bekletme süresi daha az kalıcı kimyasalların bozunmasını sağlar, dolayısıyla potansiyel değerli bir toprak düzenleyici olabilecek iyi kimyasal kalitede bir çamur elde edilir. Bu çözümler genellikle mali açıdan kendi kendini idame ettirebilir.

Tampon şeritler ve göletler yayılı kirliliği kontrol etmenin etkili yollarıdır. Bunların geniş çapta uygulanması, alıcı su kütlelerine besin maddesi ve pestisit yüklerinin azaltılmasında maliyet etkin . Ancak, çiftçiler için net maliyeti temsil ettiklerinden, kamu yatırımları veya çiftçilere yine de ödeme yapılmasını gerektirirler. Benzer şekilde, sulama için su depolamaya yönelik göletler çiftçiler için sürdürülebilir yatırımlar olabilirken, biyoçeşitliliği desteklemeye yönelik tasarımları, uygulanabilir olmaları için telafi edilmesi gereken ekstra maliyetler getirmektedir. Benzer hususlar, drenaj kanallarının iki aşamalı tasarımı gibi akarsu içi tutma önlemleri için de geçerlidir.

Bazı durumlarda, su yönetimini iyileştirirken değerli ekosistemleri restore etmek için fırsatlar olabilir, ancak genellikle havza ölçeğindeki önlemler, tam fayda sağlamak için gereken yatırımları tetiklemek için kamu desteği gerektirir. Yunanistan'daki Karla Gölü'nün çok amaçlı bir rezervuar olarak restore edilmesi buna bir örnektir. Son olarak, diğer durumlarda, Almanya'daki Kyll nehir havzasındaki başlıca akarsuların drenajının engellenmesi örneğinde olduğu gibi, sınırlı maliyet gerektiren nispeten basit yönetim değişiklikleri ile önemli faydalar elde etmek mümkün olabilir.

NBS'nin uygulanması, "gri" alternatiflerine kıyasla maliyet ve faydaların değerlendirilmesini ve geniş çapta benimsenmesini ve sürdürülebilir işletimini sağlamak için uygun "iş modellerinin" tanımlanmasını gerektirir.

Teşekkür

Bu Politika için Bilim raporu, Çevre Genel Müdürlüğü (DG ENV) ve Ortak Araştırma Merkezi (JRC) arasındaki 34027704/2018/789016/Aa/Env.C.1 sayılı İdari Düzenleme (JRC Sözleşme Numarası 35003) tarafından desteklenen "Tarımsal bölgelerde iklim değişikliğine uyum ve su kirliliği için doğa temelli çözümler (NB SOLUTIONS)" Projesinin temel sonuçlarını özetlemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu raporun içeriği, proje sırasında JRC tarafından temin edilen danışman raporlarına dayanmakta ve bu raporlardan alınan metinleri içermektedir. Orijinal raporlara yapılan özel bu raporun uygun yerlerinde verilmiştir. İlgili yazarlara minnetle teşekkür ederiz. JRC'den meslektaşımız Bruna Grizzetti ve anonim bir hakem, bu katkının geliştirilmesine yardımcı olan çok faydalı yorumlar sağlamıştır.

Yazarlar

Bu rapor A.Pistocchi (JRC) tarafından aşağıda listelenen uzmanlar tarafından sağlanan içerik temelinde hazırlanmıştır.

1) Vaka çalışması Kastelir (HR): Anja Potokar, Urša Brodnik, Alenka Mubi Zalaznik, Tea Erjavec, Gregor Plestenjak, Martin Vrhovšek, Alenka Fajs, Ivan Kolev, Cveta Dimitrova, Carlos A. Arias, Pedro Carvalho
2) Vaka çalışması Mojkovac (ME): Anja Potokar, Alenka Mubi Zalaznik, Tea Erjavec, Ursa Brodnik, Gregor Plestenjak, Martin Vrhovšek, Ivan Kolev, Cveta Dimitrova, Carlos A. Arias
3) Vaka çalışması San Rocco di Piegara (IT): Giulio Conte, Riccardo Bresciani, Anacleto Rizzo, Alessandro de Carli, Leonardo Borsacchi
4) Vaka çalışması Kyll nehri, Alman Orta Dağları (DE): Yurena Lorenzo, Jos de Bijl, Maarten Waterloo, Anouk Gevaert, Rob Nieuwkamer, Lena Vitzthum, Olaf de Haan
5) Vaka çalışması Ritobäcken (FI): Kaisa Västilä, Sari Väisänen, Jari Koskiaho, Virpi Lehtoranta, Krister Karttunen, Mikko Kuussaari, Juha Järvelä, Kauko Koikkalainen
6) Vaka çalışması Lamone (IT): Andrea Staccione, Davide Broccoli, Paolo Mazzoli, Stefano Bagli, Jaroslav Mysiak
7) Karla Gölü (EL) vaka çalışması: Yiannis Panagopoulos, Elias Dimitriou
8) Vaka çalışması Venedik lagünü (IT): Giulio Conte, Riccardo Bresciani, Anacleto Rizzo, Alessandro de Carli, Leonardo Borsacchi, Bruno Boz
9) Latina (IT) vaka çalışması: Giulio Conte, Riccardo Bresciani, Anacleto Rizzo, Alessandro de Carli, Leonardo Borsacchi, Stefano Magaudda, Flavio Camerata
10) Araştırma Sentezi: Giulio Conte, Riccardo Bresciani, Nicola Martinuzzi, Anacleto Rizzo, Andrea Nardini.

Rapor, yukarıdaki uzmanlar tarafından sağlanan raporların veya makalelerin bazı bölümlerini (alıntılara bakınız) Creative Commons lisansı altında yeniden kullanmaktadır.

Yönetici özeti

Politika bağlamı

Avrupa Birliği (AB), tarımın sürdürülebilirliğini sağlarken biyoçeşitliliği ve ekosistemleri korumayı amaçlamaktadır. Doğaya dayalı çözümler (DBS), tarımsal üretim için kaynakların etkin yönetimini sağlarken ilk hedefe ulaşmak için etkili araçlar olabilir. Diğerlerinin yanı sıra, 2030 AB Biyoçeşitlilik Stratejisi, NBS'yi önemli uygulama araçları olarak göstermektedir.

Tarımda su yönetimi için uygun NBS'nin belirlenmesi ve planlanmasını desteklemek amacıyla, AB genelinde gerçek uygulama örneklerinde seçilen NBS türlerinin özelliklerini, teknik performansları, maliyetleri ve faydaları ile bunların uygulanmasını mümkün ve arzu edilir kılan yönetim ve mali koşulları dikkate alarak inceledik.

Önemli sonuçlar

NBS genellikle etkili bir seçenektir, aşırı maliyet gerektirmemekle birlikte sağladıkları ek faydalar nedeniyle "gri" alternatiflerine tercih edilirler. NBS'nin teknik yönleri nispeten iyi bilinmekle birlikte, mümkün olduğunca çok fayda sağlayabilmelerini temin etmek için uygulamalarına özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir. Özellikle, bunların uygulanması ve yönetimi için düzenli finansman sağlanması ve kimin ne yaptığı, kimin ne için ve kime ödeme yaptığını açıklığa kavuşturan uygun bir "iş modeli" tanımlanması önemlidir.

Ana bulgular

Arıtma sulak alanları, yoğun hayvan çiftliklerinden gelen fazla gübrenin uygun maliyetli şekilde arıtılmasını ve tarım arazilerine uygulanmadan önce çamurun stabilize edilmesini sağlar. Genellikle bu NBS, "gri" alternatif çözümlere kıyasla tesis işletmecileri için iyi bir yatırım olabilir.

Tampon şeritler ve göletlerin yanı sıra iki aşamalı kanal tasarımı ile geliştirilmiş akarsu içi tutma, su akışlarının (taşkınlar ve düşük akışlar) düzenlenmesine yardımcı olurken besin maddelerinin ve diğer kirleticilerin giderilmesinde maliyet açısından etkili olabilir. Bunlar çiftçiler için net bir maliyettir ya da ekolojik olarak daha az bilgilendirilmiş alternatiflerden daha pahalıdır. Bu nedenle bunların uygulanması için kamu bütçesinden (Avrupa Ortak Tarım Politikası (CAP) kapsamındaki ödemeler dahil) ve/veya iyi tanımlanmış yerel paydaşlar tarafından sağlanan faydalar için yapılan ödemelerden gelebilecek finansman gerekmektedir. Benzer hususlar sulama amaçlı su depolama göletleri için de geçerlidir ve bu göletlerin ekolojik işlevler de sağlaması gerekiyorsa ekstra maliyetler ortaya çıkmaktadır. Bu önlemlerin tek tek çiftçiler tarafından uygulanması maliyetleri düşürebilir ancak her zaman en iyi performansı sağlay, teknik bir otorite tarafından "merkezi" olarak uygulanması daha düzgün ve etkili tasarım ve yönetim sağlayabilir.

Yunanistan'daki Karla gölünün restorasyonu gibi bazı durumlarda, tek bir paydaş grubu gerekli yatırımları yapamayacağı için merkezi bir tasarım ve yönetim kaçınılmaz olmuştur. Ancak, bir kez uygulandığında, önlemin biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi de dahil olmak üzere yatırımın ötesinde faydalar sağladığı kanıtlanmıştır.

Diğer durumlarda ise, Almanya'daki Kyll nehir havzasında yer alan akarsuların önünün kapatılması ve böylece su tutma kapasitesinin artırılması örneğinde olduğu gibi, sınırlı yatırımlarla yönetimde nispeten küçük değişiklikler yapılması önemli faydalar sağlayabilir.

İlgili ve gelecekteki JRC çalışmaları

Rapor, tarım için su yönetiminde NBS'nin teşvik edilmesini destekleyen bir kanıt tabanı sağlamaktadır. JRC, su miktarı ve kalitesine ilişkin politika senaryo analizleri yürütmekte olup, bu analizler gelecekte burada sunulan hususlara göre şekillendirilebilir.

Hızlı rehber

Bölüm 2, bu çalışmada ele alınan çeşitli NBS'lerin özelliklerini gösterirken, Bölüm 3, tarımda su yönetimi için NBS'nin uygulanmasına yönelik maliyetlerin, faydaların ölçülmesini ve elverişli koşulların ve engellerin tanımlanmasını tartışmaktadır.

1 Giriş

Doğa temelli çözümler (NBS), daha geleneksel teknik önlemlerin yanı sıra, farklı bağlamlarda su yönetimini ve iklim değişikliğine uyumu ele almanın etkili bir yolu olarak giderek daha fazla kabul görmektedir.

Avrupa Birliği doğaya dayalı çözümler geliştirmeye kararlıdır ve bu doğrultuda araştırma ve inovasyon projeleri de dahil olmak üzere çeşitli girişimleri desteklemektedir: *"Doğa temelli çözümler, doğadan esinlenen ve desteklenen, uygun maliyetli, aynı anda çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağlayan ve dayanıklılık oluşturmaya yardımcı olan yeniliklerdir. Yerel olarak uyarlanmış, kaynakları verimli kullanan ve sistemik müdahaleler yoluyla şehirlere, peyzajlara ve deniz manzaralarına daha fazla ve daha çeşitli doğa ve doğal özellikler ve süreçler getirirler. Doğa temelli çözümler biyoçeşitliliğe fayda sağlamalı ve bir dizi ekosistem hizmetinin sunulmasını desteklemelidir."([1])*

NBS, "Üçüncü Sütunu" (dönüştürücü değişimin sağlanması) "*doğa için yılda en az 20 milyar €*'hun *kilidini açma ve iklim eylemine ayrılan AB bütçesinin %30'unun önemli bir kısmının biyoçeşitlilik ve doğa temelli çözümlere yatırılmasını sağlama*" hedefini içeren 2030 *AB Biyoçeşitlilik* Stratejisi ([2]) bağlamında tedbirlerin uygulanması *için önemli bir* araç tanımlanmaktadır.

Doğa temelli çözümler, dünyadaki çok farklı aktörler tarafından, çok farklı bağlamlarda desteklenmektedir. Örnekler:

1. Dünya Bankası: *"Doğa temelli çözümler, iklim değişikliği, insan sağlığı, gıda ve su güvenliği ve afet riskinin azaltılması gibi toplumsal zorlukları etkili ve uyarlanabilir bir şekilde ele alan ve aynı zamanda insan refahı ve biyolojik çeşitlilik faydaları sağlayan doğal ekosistemleri korumaya, sürdürülebilir bir şekilde yönetmeye veya restore etmeye yönelik eylemlerdir. Örneğin, fırtına dalgaları ve kıyı erozyonunun bir sonucu olarak kıyı bölgelerinde meydana gelen taşkınlar yaygın bir sorundur. Geleneksel olarak deniz duvarları veya setler, kıyı taşkınları gibi insan yapımı (gri) altyapı ile ele alınan bu zorluk, ağaç dikimi gibi ekosistem hizmetlerinden yararlanan eylemlerle de ele alınabilir."* ([3])
2. Uluslararası Doğa Koruma Birliği *(IUCN): "Doğa temelli çözümler, toplumsal zorlukları etkili ve uyarlanabilir bir şekilde ele alan, aynı zamanda insanlara ve doğaya fayda sağlayan doğal ve değiştirilmiş ekosistemleri korumaya, sürdürülebilir bir şekilde yönetmeye ve restore etmeye yönelik eylemlerdir. Doğa temelli çözümler, hem doğal hem de değiştirilmiş ekosistemlerin korunması, sürdürülebilir yönetimi ve restorasyonu yoluyla toplumsal zorlukları ele alır ve hem biyolojik çeşitliliğe hem de insan refahına fayda sağlar. Doğa temelli çözümler, sağlıklı ekosistemlerden elde edilen faydalarla desteklenmektedir. İklim değişikliği, afet riskinin azaltılması, gıda ve su güvenliği, biyoçeşitlilik kaybı ve insan sağlığı gibi başlıca zorlukları hedef alırlar ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma için kritik öneme sahiptirler."* ([4])

AB, NBS ile ilgili birçok araştırma ve tanıtım projesini desteklemiş ve bu önlemlere yatırım yapmanın biyoçeşitlilik, iklim ve diğer politika hedeflerine etkili bir şekilde ulaşabileceğini gösteren kanıtlar sunmuştur ([5]). NBS'geliştirilmesi için özel bir ilgi alanı, 60/2000/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi ve 60/2007/EC sayılı Taşkın Direktifinin uygulanmasıdır ([6]).

Tarım sektöründe, bitki örtülü tampon şeritler, bataklıklar, sulak alanlar, göletler gibi belirli doğal veya yönetilen peyzaj unsurları, suyu tutmak ve kirliliğin doğal olarak azaltılmasını geliştirmek için etkili araçlar olabileceğinden doğa temelli çözümleri temsil eder; aynı zamanda bu unsurlar, özellikle biyolojik çeşitlilik, eğlence ve rekreasyon fırsatları, mikro iklim iyileştirme vb. için barınaklar olarak su yönetiminin ötesinde faydalar sağlayabilir.

Doğa temelli çözümler yoluyla su tutma, iklim değişikliğinin hidrolojik sonuçları nedeniyle azalan su mevcudiyetiyle başa çıkmaya etkili bir şekilde yardımcı olabilir. Dolayısıyla NBS, programlara dahil edilmek üzere değerlendirilebilir

---

([1])https://rea.ec.europa.eu/funding-and-grants/horizon-europe-cluster-6-food-bioeconomy-natural-resources-agriculture-and-environment/nature-based-solutions_en

[2] https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en#documents

[3] https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/05/19/what-you-need-to-know-about-nature-based-solutions-to-climate-change

[4] https://www.iucn.org/our-work/nature-based-solutions

[5] https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d7e8f4d4-c577-11ea-b3a4-01aa75ed71a1

([6])https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/d6efaeeb-d530-11ea-adf7-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-143389333

nehir havzası yönetim tedbirleri ve Ortak Tarım Politikası (CAP) programlarında yer almakta ve çeşitli yatırım aracılığıyla uygulanmaktadır.

IUCN, NBS'nin tasarımı ve doğrulanması için bir "küresel standart" önermiştir ([7]). Bu çözümler, özellikle doğa koruma açısından sağlamayı amaçladıkları faydaları hayata geçirebilmek için dikkatli bir planlama, tasarım ve yönetim gerektirmektedir.

Bu raporda kapsamımızı, daha geniş kapsamlı sonuçlarını dikkate almadan belirli çözümlerin özelliklerini analiz etmekle sınırlandırıyoruz. Değerlendirmelerimiz, bağlamın dikkatli bir analizi yapılmadan, bu raporda ele aldığımız NBS türlerinin benimsenmesi tavsiyesini desteklememektedir. Örneğin, sulama suyunun depolanması için tasarlanan göletlerin habitat yaratmaya, ekolojik bağlantıları iyileştirmeye ve sonuç olarak biyolojik çeşitliliği desteklemeye nasıl yardımcı olabileceğini tartışıyoruz. Ancak, sulamayı desteklemek için su toplama olgusu birçok durumda kendi başına sürdürülebilir bir önlem olmayabilir. Benzer şekilde, bir sulak alan gübrenin arıtılması için iyi olabilir, ancak yoğun hayvancılık üretimi belirli bir bağlamda kendi başına uygun olmayabilir.

NBS'nin Avrupa Birliği'nin (AB) çeşitli bağlamlarında ana akım bir tarımsal su yönetimi seçeneği olarak gelişmesini sağlayan veya engelleyen teknik, sosyoekonomik ve ekolojik koşulları daha iyi anlamak için 9 vaka çalışması geliştirdik. Bunlar, çeşitli sorunları ele almak için NBS'nin pratik fizibilitesi, etkinliği ve sınırlamaları hakkında homojen bir kanıt tabanı sağlamaktadır. Vaka çalışmaları, geniş literatür ve Avrupa'da ve başka yerlerde halihazırda bilinen diğer örneklerle birlikte, AB ölçeğinde tarımsal su yönetimi için NBS' maliyet, etkinlik ve faydalarının değerlendirilmesine yönelik kriterlerin belirlenmesi amacıyla bir araştırma sentezi çalışmasında kullanılmıştır (bkz. Pistocchi, 2022). Araştırma sentezi aşağıdakilerin tanımlanmasına yol açmıştır:

- Her bir çözümün boyutsal parametreleri (örn. alan, hacim), peyzaj ve iklim (örn. topografya, sıcaklık) ve etkinlik (örn. besin tutma) arasındaki ilişkiler;
- Her bir çözümün boyutsal parametreleri (örn. alan, hacim) ve bölgeye özgü uygulama maliyetleri arasındaki ilişkiler;
- Değer transferi yaklaşımları aracılığıyla doğrudan ve dolaylı faydaların değerlemesi.

Bu projede, aşağıdaki geniş NBS kategorilerinin her biri için üç vaka çalışmasını ele aldık:

A. Gübre olarak uygulanmadan önce gübre **kaynaklı atık su ve çamurun arıtılması için** iyi tanımlanmış girdi akışları ve gerekli **atık su** standartları ile insan kontrolü altında doğal süreçlerden yararlanan **inşa edilmiş sulak alanlar** veya diğer çözümler.

B. Gübre ve/veya pestisitlerden (ve ilgili metallerden) kaynaklanan **dağınık kirlilik kaynaklarını ele alan** peyzaj **unsurları**; önceki kategoriden farklı olarak, bu durumda peyzaj unsurları "pasiftir" (yani destekledikleri doğal süreçler insan tarafından yönetilmez) ve peyzaja, iklime ve tarlalardaki gübre/pestisit uygulamasına bağlı olarak önceden tam olarak belirlenmemiş girdi akışlarını **ele alır**. Bu tür unsurlara örnek olarak su boyunca uzanan tampon şeritler verilebilir.

C. Kurak dönemlerde su mevcudiyetini sürdürmek için **su tutmaya yönelik peyzaj unsurları**, aynı zamanda iklim kaynaklı su kıtlığı ile başa çıkmak ve iklim değişikliğine uyum sağlamak için bir araçtır. Bu tür unsurlara örnek olarak tarımsal alanlardaki göletler ve küçük göller veya Güney Avrupa'nın bazı bölgelerinde kenevir ve diğer liflerin işlenmesi için geleneksel olarak inşa edilenler gibi bataklıklar verilebilir.

Pilot vaka çalışmalarının her biri mevcut bir NBS'ye odaklanmış ve kendi özel bağlam ve örneklerine atıfta bulunarak aşağıdaki genel soruları ele almıştır:

- NBS, çiftlikten havza ölçeğine kadar hidrolojik olayların hafifletilmesine nasıl yardımcı olabilir?
- Tarımsal su kirliliğinin (besin maddeleri, pestisitler, sedimanlar ve diğer kirleticiler) azaltılmasına nasıl katkıda bulunabilirler?
- NBS'nin maliyetleri ve maliyet etkenleri nelerdir?
- Dağıttıkları faydalar nelerdir?

[7] https://portals.iucn.org/library/node/49070

- Bunların uygulanmasını engelleyen teknik, kapasite, yönetişim, yönetim ve mali kısıtlar nelerdir?

Dolayısıyla, her bir vaka çalışması doğrudan ve dolaylı faydaları (rekreasyon, peyzajın iyileştirilmesi ve arazinin değeri, taşkın koruma, biyoçeşitlilik, vb); incelenen UBS'nin yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini ve bunların genelleştirilmesini (örneğin peyzaj unsurunun hektarı veya arıtılan su/atık başına $m^{3)}$; uygulama için darboğazları ve yeniliğin önündeki engelleri (finansman, finansman, kapasite, kültür ve davranış, rakip çıkarlar, yönetişim, vb), bunların vakada nasıl başarılı bir şekilde ele alındığını ve nerede daha sınırlayıcı olabileceklerini ele almıştır. Son olarak, söz konusu NBS türünün daha geniş çapta uygulanması için önerilebilecek bir "iş modeli" ve NBS vakasının tüm AB'ye uygulanabilirliğini değerlendirmek için nitel ve nicel kriterler belirlemiştir.

Vaka çalışmalarının ve araştırma sentezinin sonuçları, teknik, ekolojik ve ekonomik kriterlere dayalı olarak farklı türde NBS'lerin uygulanması için en elverişli alanların haritalanmasına yönelik göstergelerin tanımlanmasını sağlamış ve bu göstergeler ek bir Teknik Raporda ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Pistocchi, 2022). Doğaya dayalı çözümlerin uygulanması için ortaya çıkan uygunluk haritaları, politika senaryolarının model tabanlı analizlerini destekleyecek ve tarımda bu tür çözümler için genel faydaların yanı sıra yatırım gereksinimlerinin de ölçülmesini sağlayacaktır. NBS'nin maliyet, etkinlik ve faydalarının anlaşılması, özellikle 60/2000/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi (WFD) kapsamındaki tedbir programlarının yönlendirilmesi ve değerlendirilmesinin yanı sıra yeni Ortak Tarım Politikasının (CAP) Stratejik planlarının uygulanmasını da desteklemektedir[8]. Vaka çalışması raporlarına, araştırma sentez raporuna ve NBSye uygunluğun AB ölçeğinde haritalandırılmasına yönelik kriterlere JRC Su Portalı [9] üzerinden erişilebilir.

Bu raporda, özellikle uygun iş modelleri, finansmanın güvence altına ve DBS tarafından sağlanan hizmetler için ödemeler yoluyla doğa temelli çözümlerin (DBS) benimsenmesi için gerekli koşulların yaratılması konusunda politika tavsiyelerinde bulunmak üzere vaka çalışmalarını temel alıyoruz. Bölüm 2'de çeşitli DBS'lerin su yönetimi sorunlarının ele alınmasına nasıl yardımcı olabileceği tartışılırken, Bölüm 3 daha spesifik olarak DBS'nin ana akım bir çözüm olarak benimsenmesi için gerekli sosyoekonomik koşullara odaklanmaktadır. Sonuç bölümünde (Bölüm 4), bu projenin politika yapıcılar için çıkarabileceğimiz en önemli mesajları .

[8] https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/cap-strategic-plans_en
[9] https://water.jrc.ec.europa.eu/

2 Tarımsal su yönetimi için doğa temelli çözümler (NBS)

2.1 Arıtma sulak alanları

Arıtma sulak alanları (TW), atık su ve çamur için, özellikle küçük yığılmalarda evsel atık suların arıtılması veya ikincil atık su arıtma tesisi atık sularının parlatılması için iyi kurulmuş bir NBS'dir. Tipik olarak, **Şekil 1'**. de gösterilen genel şemalardan birine göre, serbest yüzeyli su havuzları veya tankları ya da suyun yatay veya dikey olarak süzülüp akabileceği çakılla ("yataklar") dolu tanklar olarak tasarlanırlar (Pistocchi ., 2020)Genellikle TW, özellikle daha düşük enerji kullanımı nedeniyle geleneksel atık su arıtma teknolojilerine kıyasla daha düşük işletme maliyeti ile karakterize edilir ve genellikle rutin operasyonları için son derece uzman personel gerektirmez (Pistocchi ve ark., 2020). Yatay ve dikey akışlı TW, arıtma performansını artırmak için birleştirilebilir ve bu da zorunlu havalandırma gibi ek müdahalelerle daha da geliştirilebilir. Ancak bu durumda, işletilmeleri daha enerji gerektiren ve karmaşık bir hal alır. TW' ayırt edici bir özelliği, bir yandan rüzgarla hareket eden ve havuzun veya dolgunun gözenekli ortamının havalandırılmasına katkıda bulunan, diğer yandan da besin maddelerini ve kirleticileri alarak arıtmanın geliştirilmesinde rol oynayabilen bitki örtüsünün (çoğunlukla sazlık) varlığıdır. Kirleticilerin giderilmesi, TW ekosistemi içindeki mikroorganizmaların ve bitkilerin karmaşık etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Bitki örtüsünün varlığı ve toprak kazısı ve dolgu yoluyla toprakta TW inşa etme imkanı nedeniyle, sınırlı veya hiç beton kullanılmadan, bu NBS, peyzaj-mimari çekici yarı doğal sulak alanlar olarak görünebilir. Sulak alan ekosistemi biyoçeşitliliğe de destek sağlayabilir. TW genellikle boru ve astar için plastik veya diğer "gri" malzemelerin kullanılmasını gerektirir, ancak genellikle geleneksel arıtma seçeneklerinden çok daha az ölçüde kullanılır. TW'nin tasarımı ve yönetimine ilişkin ek ayrıntılar Dotro ve diğerleri, 2017 ve Langergraber ve diğerleri, 2020'de bulunabilir.

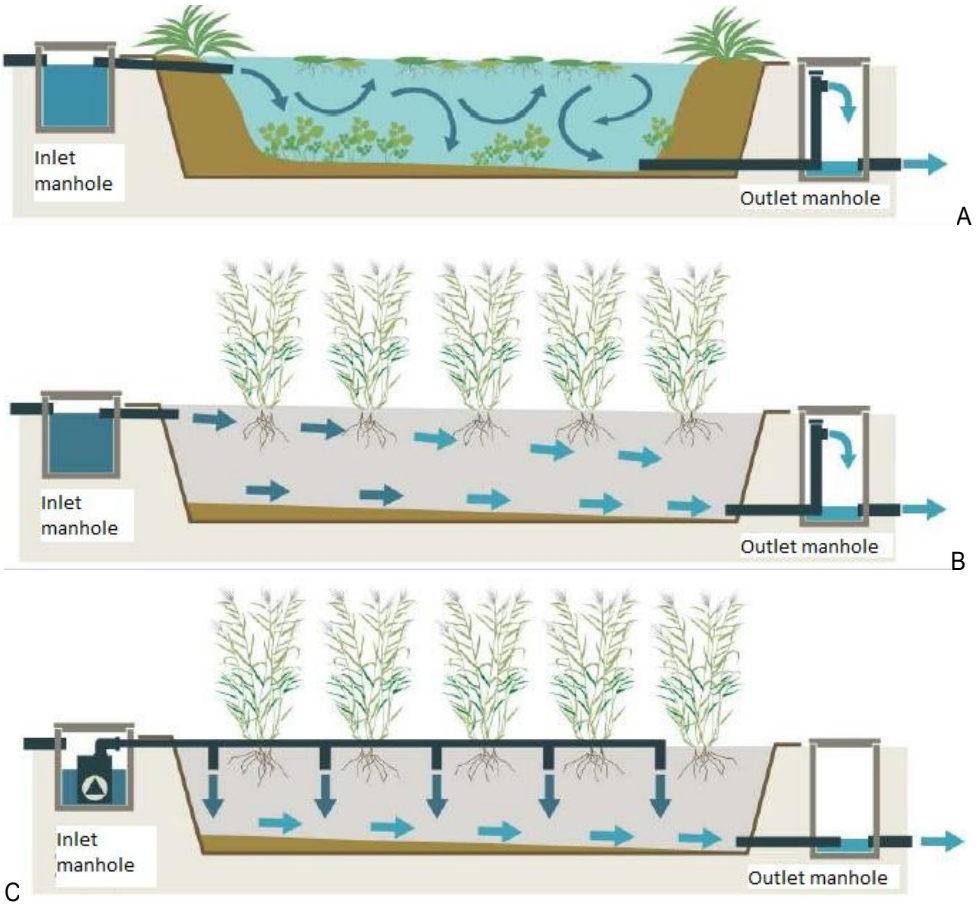
Burada TW'nin tarımsal su yönetimi ile doğrudan ilgili iki amaç için uygulanmasına odaklanıyoruz: yoğun hayvancılıktan elde edilen gübrenin arıtılması ve evsel atık su çamurunun stabilizasyonu.

2.1.1 Gübre yönetimi

Yoğun hayvancılık çiftlikleri genellikle tarım arazilerinin gübre olarak alma kapasitesini ve Nitrat Direktifi ([10]) ve ilgili mevzuat tarafından belirlenen sınırları aşan miktarda besin maddesi, özellikle de nitrojen içeren gübre üretmektedir. Gübrenin gübre olarak yayılması açık ara en ucuz seçenek olsa da, birçok durumda gübre hacminin ve azot içeriğinin araziye uygulanmadan önce büyük ölçüde azaltılması gerekir. Bu, gübrenin katı ve sıvı fazlarının ayrılmasıyla sağlanabilir. Sıvı faz, çevreye salınmadan önce kirleticilerin giderilmesi için evsel atık su ile karşılaştırılabilir bir arıtma işlemi gerektirebilir. Gübre yönetimi için bu yaklaşımı uygulayan nispeten büyük, yoğun bir hayvancılık çiftliğine örnek olarak, İtalya'nın kuzeyindeki Veneto bölgesinde, Verona yakınlarındaki San Rocco di Piegara vaka çalışmasını ele alıyoruz ([11])Bu çiftlik, kasabadan yaklaşık 3 km ve en yakın haneden yaklaşık 600 m uzaklıkta, oldukça izole ve zor görülebilen tepelik bir konumda yer alan bir domuz çiftliğinden oluşmaktadır. Tesisin maksimum kapasitesi 7848 hayvandır, ancak şu anda 3145 hayvana ev sahipliği yapmaktadır. Gübre serpmek için mevcut arazinin sınırlı olması nedeniyle, şirketin başka bir sahada (şirketin başka bir domuz çiftliğine sahip olduğu yaklaşık 80 km uzaklıktaki Magnacavallo köyü yakınlarındaki tarlalar) uygulama için nakliye gerektiren, dolayısıyla maliyetlere ve etkilere neden olan gübre fazlasını en aza indirmesi gerekiyordu. Gübreyi en aza indirmek için 2013 yılına kadar sıvı kısım geleneksel bir teknolojik çözümle (aktif çamur prosesi ve ardından İtalyan yasalarına göre yüzey sularına deşarj için emisyon sınır değerlerine uyacak şekilde tasarlanmış bir membran aşaması) arıtılmıştır. Daha sonra, bölgesel Çevre Koruma Ajansı (ARPAV) daha sıkı standartlara (toprağa deşarj için emisyon sınır değerleri) uyulmasını zorunlu kılmıştır. Yeni standartlara uymak, özellikle operasyonel harcamalar (OPEX) olmak üzere aşırı maliyetlere yol açacaktı.

[10] Tarımsal kaynaklı nitratların neden olduğu kirliliğe karşı suların korunmasına ilişkin 91/676/EEC sayılı Konsey Direktifi

[11] Bu bölüm Borsacchi ve diğerleri, 2021a tarafından hazırlanan vaka çalışması raporundaki metin üzerine inşa edilmiş ve yeniden kullanılmıştır.



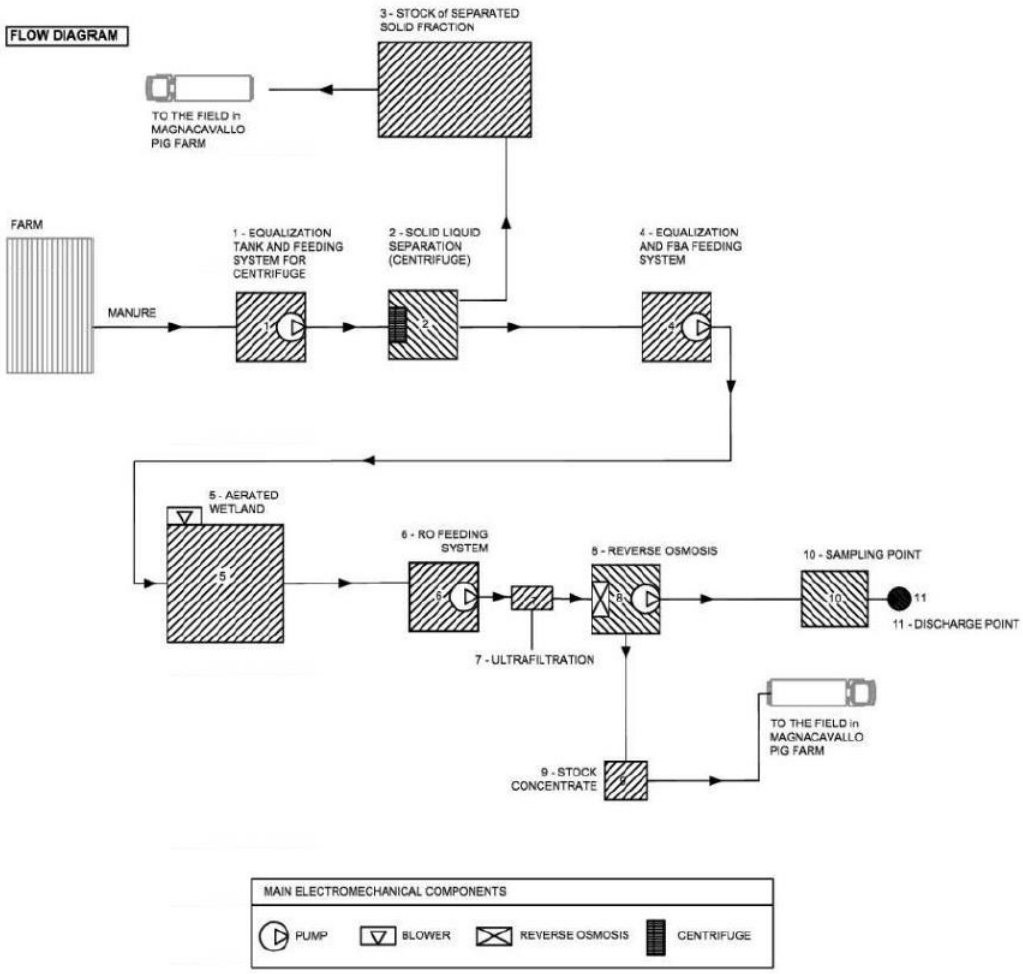
Şekil 1. Serbest yüzeyli (A), yüzey altı yatay (B) ve dikey (C) akışlı inşa edilmiş sulak alanların kesitleri. Kaynak: IRIDRA srl'nin orijinal çizimi, Pistocchi ve diğerleri, 2020.

Bunun üzerine şirket, daha düşük işletme giderleri sayesinde çiftliğin yeniden açılmasını mali açıdan sürdürülebilir hale getirebilecek doğaya dayalı bir arıtma sistemini benimsemeye karar verdi. Veneto bölgesinin Kırsal Kalkınma planı, tam ölçekli sistemin geliştirildiği bir pilot projeyi finanse etti. Mevcut alanın sınırlı olması nedeniyle seçilen çözüm, havalandırmalı bir arıtma sulak alanı (TW) artı bir membran filtrasyon aşaması (ters ozmoz, RO) son parlatma aşamasından oluşan "hibrit" bir çözüm olmuştur. TW, domuz çiftliğinin çevresinde yaklaşık 2000 m^2 yer kaplayan 5 yataktan oluşmakta ve Zorlamalı Yatak Havalandırma (FBA$^{(TM)}$)[1]teknolojisini kullanmaktadır (**Şekil 2**). Yataklar günde yaklaşık 22 saat , yaklaşık 2 saat anoksik koşullarda bırakılmakta ve böylece tatmin edici bir nitrifikasyon ve denitrifikasyon seviyesi elde edilmektedir. Hem TW hem de RO'nun havalandırılması enerji ve elektromekanik ekipman gerektirir ve bir Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemi aracılığıyla uzaktan kontrol edilir. TW ortalama olarak nispeten yüksek kütle giderim verimleri gösterirken (toplam azot için %73 ve toplam fosfor için %80), çıkış sularındaki konsantrasyonlar hala toprağa deşarj için emisyon sınır değerlerinin çok üzerindeydi, bu da RO parlatma aşamasının sebebiydi. **Şekil 3**, San Rocco di Piegara tesisinde gübre yönetiminin akış diyagramını göstermektedir.

Vaka çalışmasında benimsenen tasarım, vakaya özgü bir dizi hususla gerekçelendirilmiştir. Prensip olarak, gerekli deşarj standartlarını karşılamak için atık suların , serbest yüzeyli sulak alanlar gibi diğer TW kullanılarak gerçekleştirilebilir. TW, denitrifikasyonu artırarak veya TW'nin akış yukarısına bir amonyak sıyırma arıtma aşaması ekleyerek sera gazı emisyonlarını (özellikle CO_2'den çok daha yüksek bir küresel ısınma potansiyeline sahip olan nitröz oksit) azaltmak için optimize edilebilir. İkincisi, azot oksit emisyonlarında önemli bir azalma sağlayabileceği ve sıyrılan amonyağın amonyum sülfat gübresi olarak çökeltilerek geri kazanılmasına izin verebileceği için özellikle caziptir. TW'nin uygulanabileceği arazi ne kadar geniş , ekipman ve enerji kullanımı gerektiren tamamlayıcı "hibrit" süreçlere olan ihtiyaç da o kadar azalır, çünkü daha az enerji girdisi ile "pasif" doğal arıtma süreçleri kurmak mümkündür. Aksine, arazi mevcudiyeti güçlü bir sınırlayıcı faktör olduğunda, TW daha kompakt teknolojik alternatiflere kıyasla zorlanabilir. Ancak San Rocco di Piegara örneğinde, TW'nin önemli bir katkısını gerektiren çeşitli alternatif tasarımların karşılaştırılması, esas olarak daha düşük işletme maliyetleri nedeniyle, geleneksel bir atık su arıtma sürecinden her zaman önemli ölçüde daha ucuz olmuştur. Atık suların parlatılması için de bir TW kullanan çözümler aşağıdakileri azaltabilir

İşletme maliyetleri neredeyse yarı yarıya azalacaktır, ancak arazi edinim maliyetlerinin yaklaşık iki katına çıkmasına neden olacaktır; bu nedenle, karar mutlaka vaka bazında ödünleşimlere bağlı olacaktır.

Şekil 2. Bölgenin tepelik arazisinde San Rocco di Piegara'daki arıtma sulak alanından bir görünüm.



Şekil 3. San Rocco di Piegara örnek olayında gübre yönetimi akış diyagramı.

2.1.2 Arıtma çamuru stabilizasyonu

Evsel atık su arıtımından kaynaklanan arıtma çamuru, tarımda toprak düzenleyici veya gübre olarak kullanılmadan önce patojenleri, kötü kokuyu ve çürümeyi kontrol etmek için stabilizasyondan geçirilmelidir. Stabilizasyon, bir atık su arıtma tesisi içinde özel olarak tasarlanmış proses aşamalarında kimyasal arıtma, aerobik veya anaerobik çürütme gerektirebilir. Bu süreçler uygun teknolojik ekipman ve enerji gerektirir, ancak anaerobik çürütme metan geri kazanımına olanak tanır ve enerji-nötr hatta enerji-pozitif olabilir. Kimyasal arıtma oldukça esnek ve ölçeklenebilirdir, ancak çamurun kimyasal bileşiminin değişmesi tarımda kullanılması amaçlanan çamur için uygun olmayabilir, bu da daha düşük gübreleme değeri ve değişen pH ile sonuçlanır, muhtemelen toprak uygulaması ile uyumsuzdur. Genellikle, aerobik çamur stabilizasyonu yaklaşık on ila birkaç on bin nüfus eşdeğeri (PE) kapasiteli tesislerde, anaerobik çürütme ise daha büyük tesislerde maliyet etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Ancak daha küçük tesislerde (birkaç bin PE veya daha az), her iki seçenek de orantısız bir şekilde pahalı olabilir. Bu durumlarda, saz yatakları olarak yapılandırılan TW, aerobik çamur stabilizasyonunu çok uygun maliyetli bir şekilde sağlayabilir ve yukarıda bahsedilen "geleneksel" proseslere göre başka avantajlar da sunabilir. Bu tür çözümlerde, atık su arıtma sürecinin çamuru doğrudan sazlıklarla dolu bir çakıl yatağına boşaltılır ve burada doğal drenajla susuzlaştırma ve aerobik stabilizasyon işlemine tabi tutulur. Süreç çok az enerji gerektirir veya hiç enerji gerektirmezken, çamur uzun bir süre (birkaç yıldan birkaç yıla kadar) sazlık yatakta bırakılır ve sonuçta sonunda kazılabilen ve potansiyel olarak tarımsal topraklarda kullanılabilen bir kompost elde edilir.

Çamurun saz yatağı TW çözümleri kullanılarak stabilize edildiği tesislere örnek olarak Hırvatistan'daki Kastelir ve Karadağ'daki Mojkovac vaka çalışmalarını ele alıyoruz ([12]).

Hırvatistan'ın Adriyatik kıyısındaki Kastelir köyünde Belediye, 2010 yılında bir atık su arıtma tesisi (AAT) ve çamur arıtımı için bir saz yatağı (RBs) kurarak bir kanalizasyon şebekesi inşa etmeye başlamıştır. AAT, askıda katı maddelerin ve birincil aşamada tutulmayan diğer kaba partiküllerin için bir filtrasyon ekili yatağı (FB), organik maddenin yoğun bir şekilde bozunmasının gerçekleştiği arıtma yatakları (TB) ve özellikle patojenler açısından atık su kalitesini daha da iyileştirmek için bir parlatma yatağı (PB) içeren bir TW'dir. Tesis 1.900 nüfus eşdeğeri (PE) için tasarlanmıştır. Hanelerin yarısından fazlası turizme ve meslekleri mevsimliktir. 2015'teki inşaattan bu yana AAT tasarım kapasitesinin altında çalışmaktadır ve 8 km'lik kanalizasyon sisteminin inşa edilmesi gerekmektedir. Kanalizasyon sisteminin tamamlanmasının ardından Kastelir AAT tam kapasite ile çalışacaktır. Kastelir'deki arıtma süreci birincil arıtma (Imhoff tankı) ve ardından ikincil arıtma için nihai çıkış suyu deşarj standartlarını karşılayan TW kullanılarak biyolojik arıtmadan oluşmaktadır. Birincil arıtmadan çıkan çamur homojenizasyona ve nihayetinde bir saz yatağında kurutma ve stabilizasyona tabi tutulur (**Şekil 4**). İlk aşamada, Kastelir AAT'de üretilen birincil çamur çıkarılmış ve kamyonlarla bölgedeki daha büyük bir AAT'ye taşınmıştır. RB'ler 2016 yılında uygulamaya konulduğundan beri, birincil çamur, pompalama için minimum enerji kullanımı ile sahadaki RB'ye basitçe deşarj edilmektedir. RB'ler birkaç on yıllık bir ömür boyunca çamur alacak şekilde tasarlanmıştır. Yaklaşık her on yılda bir, stabilize edilmiş çamur kazılabilir ve potansiyel olarak tarımda kullanılabilir. Yatakta büyüyen sazlar ve diğer bitkiler basitçe büyümeye bırakılabilir, böylece kuşlar ve diğer organizmalar için nispeten istikrarlı bir habitat yaratılabilir veya periyodik olarak hasat edilerek çeşitli şekillerde kullanılabilecek biyokütle elde edilebilir.

Şekil 4. Kastelir Atıksu Arıtma Tesisi Kastelir AATnin havadan çekilmiş resmi ve arıtma aşamalarının gösterimi.

2004 yılında Karadağ'ın Mojkovac kasabası, kurulu kapasitesi 5.200 PE olan geleneksel bir biyolojik atık su arıtma tesisi ile donatılmıştır. 2016'da RB'lerin inşasına kadar, ikincil arıtıcıdan çıkan fazla çamur çoğunlukla AAT sahasında depolanmaktaydı ve yüksek akış olayları sırasında yakındaki Tara Nehri tarafından taşma riski altındaydı. Çamurun bir filtre pres aracılığıyla yoğunlaştırma ve susuzlaştırma işlemine tabi tutulması gerekiyordu, ancak yüksek işletme maliyetleri nedeniyle ikincisi hiçbir zaman faaliyete geçmedi. Belediyenin hiçbir

[12] Bu bölüm, Potokar ve diğerleri, 2020a (Mojkovac vaka için) ve Potokar ve diğerleri, 2020b (Kastelir vaka çalışması için) tarafından hazırlanan vaka çalışması raporlarındaki metinleri temel almakta ve yeniden kullanmaktadır. Raporlar, kıyaslama için diğer Avrupa ülkelerindeki diğer sazlık hakkında da bilgi içermektedir.

Yerel düzenli depolama alanındaki kısıtlamalar ve Karadağ'ın tamamında bir yakma tesisinin bulunmaması nedeniyle biriken çamuru yönetmek için sürdürülebilir bir seçenek. Sınırlı mali kaynaklar ve çamur bertarafı sorunları, RBs çözümünün benimsenmesinde temel etkenler olmuştur (

Şekil 5). Bu, çamur stabilizasyonunun AAT sürecine sorunsuz bir şekilde entegre edilmesini sağlayarak çok daha güvenli ve ucuz bir operasyona olanak tanımıştır. Farklı bir iklimde işletilmesine ve birincil çamur yerine ikincil çamurun arıtılmasına rağmen Mojkovac RB, Kastelir'dekine benzer özelliklere ve kaliteye sahip çamur üretmektedir, bu da bunun küçük tesisler için geniş çapta uygulanabilir bir çözüm olabileceğini göstermektedir.

Şekil 5. Mojkovac Atıksu Arıtma Tesisi Mojkovac AAT'nin RB'lerin kurulumundan önce (solda) ve sonra (sağda) Google Maps™'den alınan hava resmi.

Çamur stabilizasyon sürecinin uzun bekletme süresi, kalıcı olmayan tüm kirleticilerin (neredeyse) bozunmasını sağlar, dolayısıyla tarımsal uygulama için çamurun daha yüksek kalitede olmasını sağlayabilir. Aynı zamanda, stabilize çamur, toprak düzenleyici olarak faydalı olması için yeterli miktarda besin ve kuru madde içeriğini korur. Bu çözüm geleneksel alternatiflere göre çok daha ucuzdur ve özellikle sadece evsel suları alan AAT'ler için uygundur. Bu durumda, genellikle kentsel akış ve endüstriyel deşarjlarla ilişkili metaller ve kalıcı kimyasallar önemli ölçüde daha düşük konsantrasyonlarda mevcut ve çamur doğal olarak tarımsal kullanım için uygun olmalıdır. Küçük tesisler genellikle bu çözümün çamuru tarım için arzu edilen bir girdiye dönüştürmek için iyi bir yol sunabileceği kırsal alanlarda bulunabilir.

Bu çözüm minimum enerji ve kimyasal girdisi gerektirir. Her iki örneğimizde de RB'ler beton tanklar içinde inşa edilmiş olsa da, yataklar toprakta kazılan ve örneğin yüksek yoğunluklu polietilen levha ile su geçirmez hale getirilen hendekte (Dellach am Drautal tesisi, Avusturya[13] olduğu gibi: bkz. **Şekil 6**) veya prensipte kil ile bile uygulanabilir ve beton ve çelik altyapı ile karşılaştırıldığında sınırlı sera gazı emisyonu sağlar.

[13] Dellach vakası, Mojkovac vaka çalışması raporunda bir kıyaslama ölçütü olarak ayrıca açıklanmaktadır: Potokar ve diğerleri, 2021a.

Şekil 6. Avusturya'nın Mayıs 2015'te Avusturya'nın Dellach am Drautal Atıksu Arıtma Tesisi'ndeki saz yatakları - vejetasyon mevsiminin başlangıcı.

2.2 Yayılı kirlilik kontrolü için tampon şeritler ve sulak alanlar

Tarımsal alanlardan kaynaklanan aşırı besin maddelerinin yanı sıra pestisitler ve askıda sedimanlar gibi diğer kirleticilerden kaynaklanan kirliliğin kontrolü, tampon şeritler, bitki örtülü drenaj hendekleri ve serbest yüzeyli sulak alan havuzları da dahil olmak üzere, yüzey akışını alıcı su kütlelerine deşarj edilmeden önce durduran bir dizi dağınık unsur aracılığıyla sağlanabilir. Bu tür müdahaleler, bir havza üzerinde sistematik olarak uygulandığında özellikle etkili olur ve böylece üretilen toplam yüzey akışının önemli bir yüzdesini durdurur.

Serbest su yüzeyi sulak alanları ve bitki örtülü drenaj hendekleri, doğal sulak alanların koşullarını yeniden üreten karmaşık bir ekosistemde askıda katı maddelerin çökelmesi, sucul bitki örtüsü tarafından besin alımı ve mikroorganizmalar tarafından denitrifikasyon için koşullar sağlayarak besin maddelerinin ve tortuların giderilmesini sağlar. Tampon şeritler de aynı prensiple çalışır, ancak besin maddelerinin bitki kökleri tarafından alınması, tortuların hapsedilmesi ve toprakta denitrifikasyon yoluyla. Tampon şeritler yüzey akışını, yüzey altı akışını veya yeraltı suyu akışını kesmek için tasarlanabilir.

Burada, biri Venedik Lagünü havzasında (Kuzey İtalya), diğeri Latina eyaletinde (Orta İtalya) olmak üzere İtalya'da bu tür çözümlerin uygulandığı iki gerçek vakaya atıfta bulunuyoruz. İlki karasal iklimi, ikincisi ise Akdeniz iklimini temsil etmektedir ((14)).

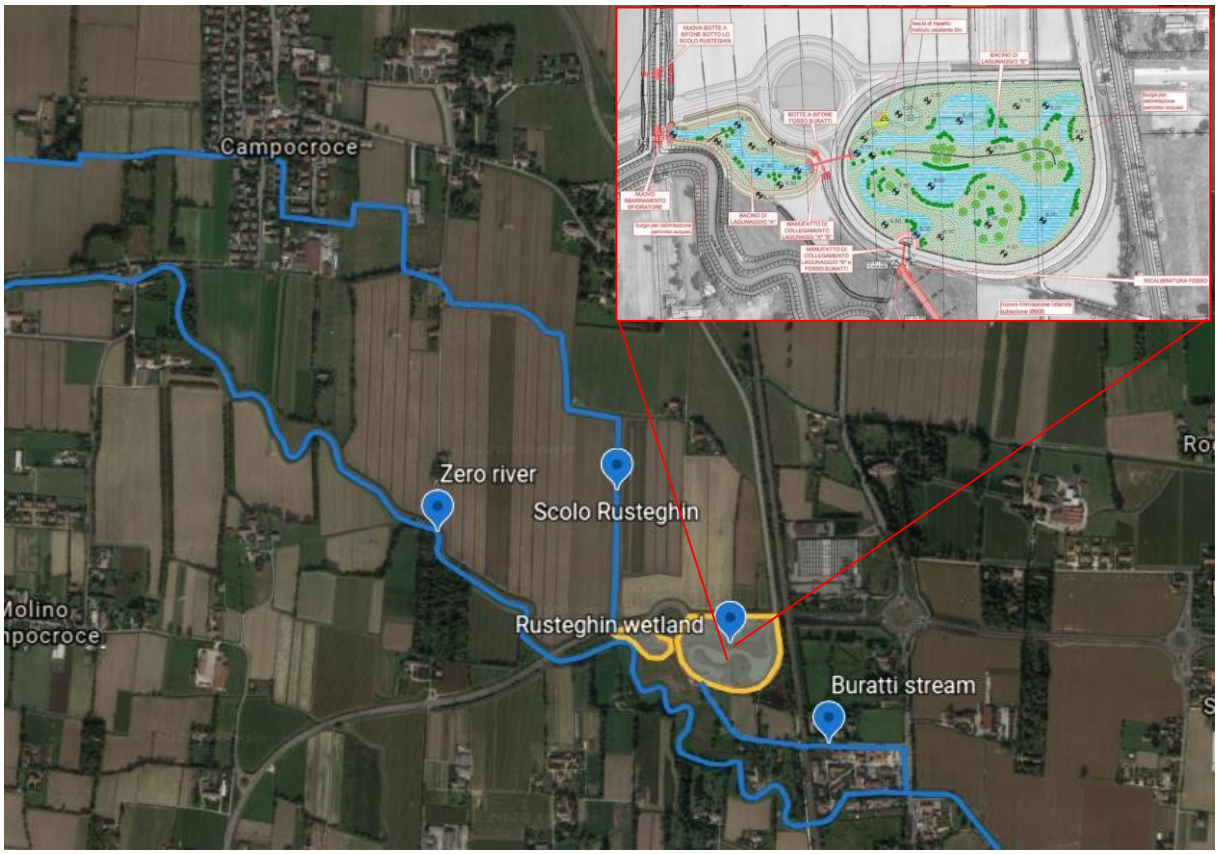
İlk vaka çalışması ((15)) Venedik Lagünü havzasında iki alt havzayı (Marzenego ve Dese-Zero) içeren, toplam 37.785 hektarlık bir alandır. Tüm alan *Consorzio di Bonifica Acque Risorgive* tarafından yönetilmektedir: su yönetimi ve taşkınların önlenmesinden sorumlu bir kamu kurumu. Alanın bir kısmı yüzyıllar boyunca orijinal sulak alanlardan ve bataklıklardan geri kazanılmış ve mekanik drenajla kuru tutulmuştur.

Venedik Lagününü ötrofikasyondan korumak için 1973'ten bu yana çeşitli ulusal ve bölgesel yasalar, farklı idari kurumları (Devlet, Bölge, İl, Belediyeler) içeren özel bir düzenleyici çerçeve oluşturmuştur. En son 2000 yılında onaylanan Bölgesel Stratejik Master Plan, kirleticilerin, özellikle de (Venedik lagününde ötrofikasyonu kontrol eden sınırlayıcı faktör) noktasal ve yayılı kaynaklardan için nicel hedefler koymaktadır. Stratejik Master Plan tarafından belirlenen giderim hedefi, noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları dahil olmak üzere tüm bölge için azot için yılda 3000 tondur. Bu azaltımın esas olarak kentsel ve endüstriyel atık su arıtma tesislerinin iyileştirilmesi, hayvan gübresinin arıtılması ve daha iyi tarım yoluyla azot yükünün kaynağında azaltılması yoluyla gerçekleşmesi beklenmektedir.

[14] Bu bölüm Borsacchi ve diğerleri, 2021b ve Borsacchi ve diğerleri, 2021c tarafından hazırlanan vaka çalışması raporlarındaki metinleri temel almakta ve yeniden kullanmaktadır.
[15] Bkz. Borsacchi ve diğerleri, 2021b.

uygulamalar. Yine de yılda 300 ton (hedefin %10'u) nehir yatağı ve taşkın yatağı restorasyonu, sulak alanlar ve havzanın kılcal drenaj ağı boyunca dağıtılan tampon şeritler yoluyla uzaklaştırılacaktır. *Consorzio di Bonifica Acque Risorgive* (lagün havzasının %40'ını yöneten) tek başına yılda 150 ton toplam azot giderme hedefi belirlemiştir. Bu amaçla, 2000 yılından bu yana Consorzio, hükümet tarafından sağlanan ve Regione Veneto tarafından tahsis edilen mali kaynakları kullanarak - akarsu içi ve dışı sulak alanlar, tampon şeritler ve ağaçlık tampon alanlar dahil olmak üzere - yaklaşık 252 hektarlık bir kümülatif alanı kapsayan 23 müdahaleyi hayata geçirmiştir. Aşağıda, uygulanan dört temsili doğa temelli çözümü açıklıyoruz.

Sıralı sulak alan örneği olarak Rusteghin göleti bir drenaj kanalından su almaktadır. Kalma süresini artırmak ve doğal besin giderme süreçlerini iyileştirmek için kıvrımlı bir akış oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Sulak alan, özellikleri nedeniyle taşkınları azaltmak için tampon hacim de sağlayabilir (**Şekil 7**).

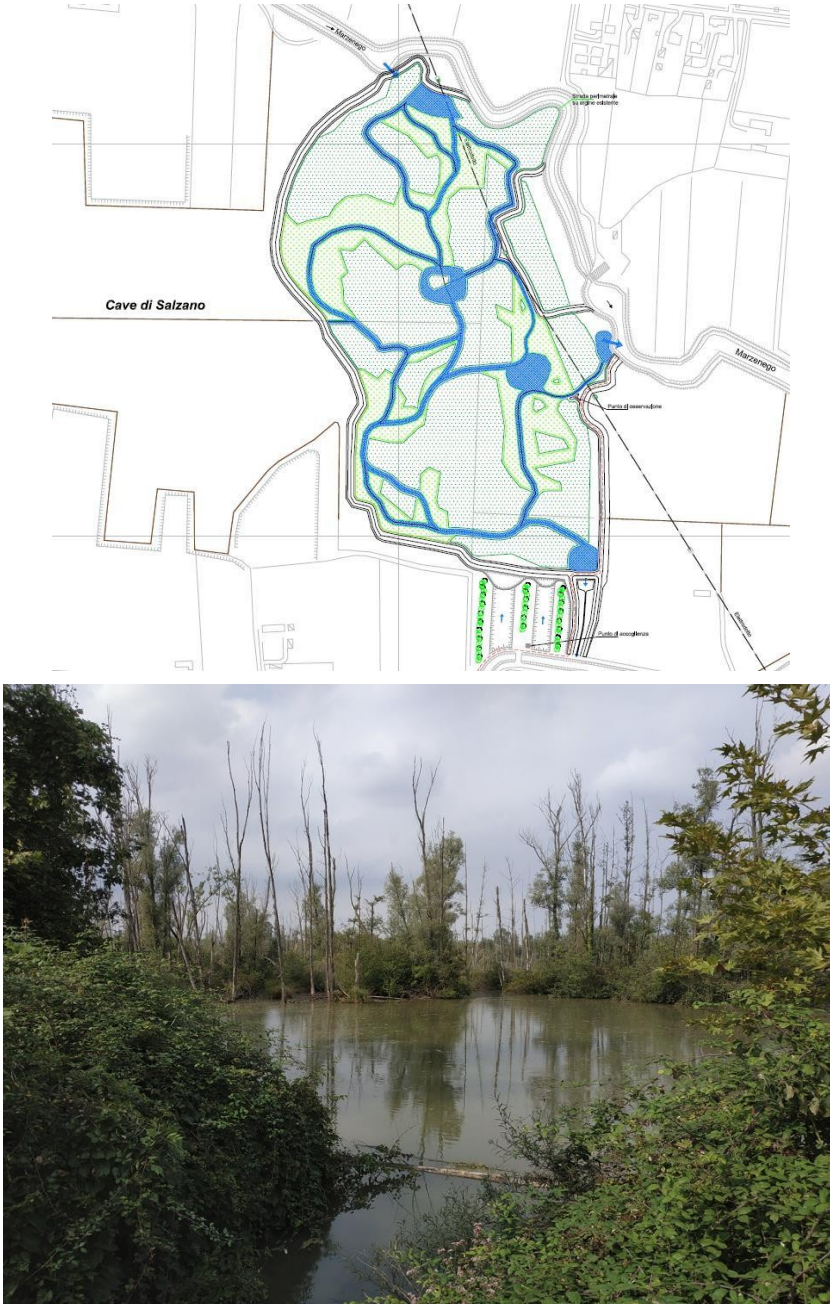


Şekil 7. Yukarıda: Rusteghin sulak alanının plan görünümü ve havzadaki konumu. Aşağıda: sulak alanın bir görünümü.

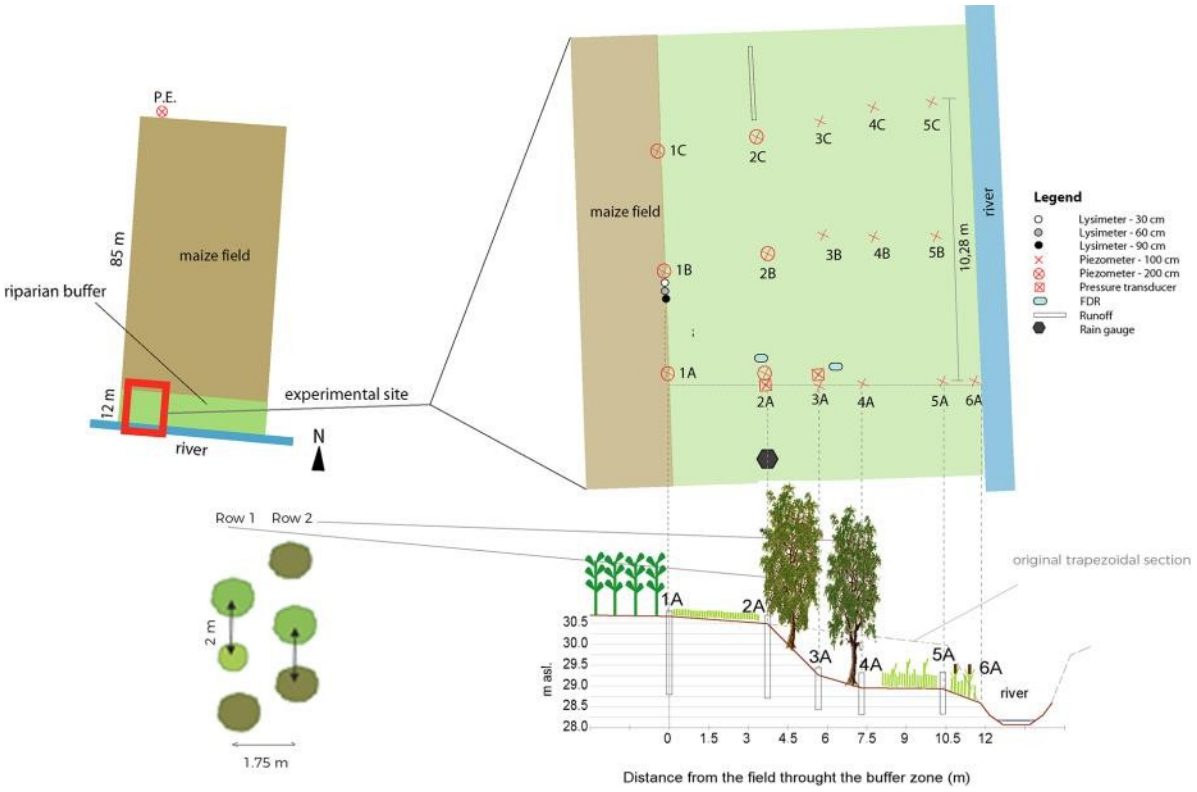
Salzano bunun yerine, yaklaşık %30'unu kaplayan eski bir kil ocağında uygulanan bir off-line sulak alan örneğidir. Bu sulak alan iki su kütlesi arasında yer almaktadır: Marzenego nehri ve Rio Roviego. Marzengo nehrinin akışının bir kısmı sulak alanı beslemek için çekilir ve sulak alandan geçmesi 6 gün sürer ve ardından Rio Roviego'ya akar.

Scandolara deresi, daha geniş bir nehir restorasyon projesinin bir parçası olarak, bitişikteki ekili alanlara yüzey altı akışların azotunu gidermek için 2007 yılında inşa edilen 11 m genişliğinde bir tampon şerit ile donatılmıştır (**Şekil** 9 ve **Şekil 10**). Tampon şerit, nehrin yüksek kesimlerine dikilen iki sıra ağaçtan oluşmaktadır.

(bkz. Şekil 9), nehir ile ağaç sıraları arasındaki tampon şeridin iç kısmı ise kendiliğinden oluşan bitki örtüsüyle kaplıdır (Şekil 10). Saha, özel izleme ile deneysel bir bölüm içermektedir.



Şekil 8. Yukarıda: Salzano taş ocağı içinde inşa edilen Salzano sulak alanının plan görünümü: ağaçlık alan (koyu yeşil noktalar); bitki örtülü serbest su yüzeyi (SYS) alanı (açık yeşil noktalar); mavi renkte açık su SYS alanı. Aşağıda: sulak alanın bir görünümü.



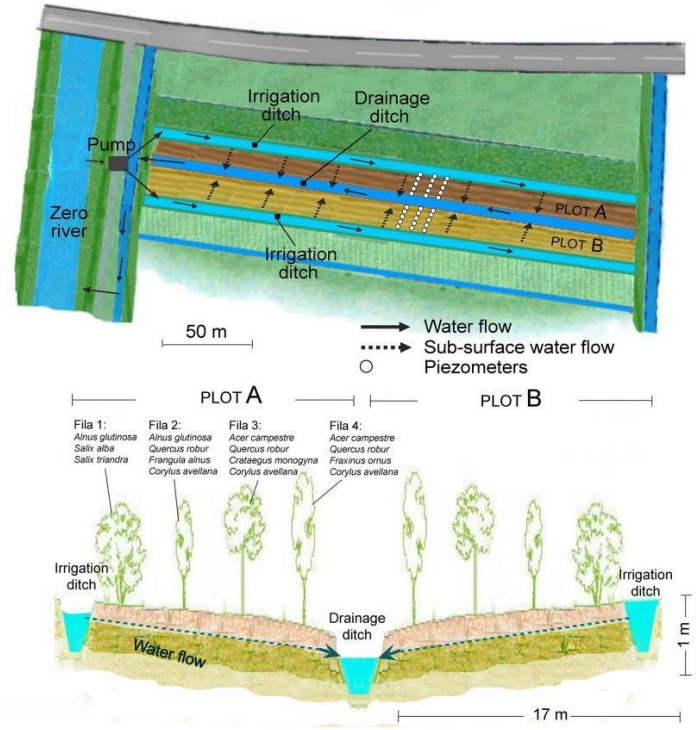
Şekil 9. Scandolara tampon şeridinin Scandolara tampon şeridinin açıklayıcı tasarımı.

Şekil 10. Restorasyon projesinden 3 yıl sonra Scandolara şeridinin genel ve ayrıntılı görünümleri.

Mogliano Veneto köyü bölgesinde yer alan NICOLAS sahası ([16]), 30 hektarlık bir alt-sulama ve ağaçlandırılmış tampon alandan oluşmaktadır. Yakındaki Zero Nehri'nden pompalanan su akışını bir hendek sistemi aracılığıyla yönetmek üzere tasarlanmıştır. Sırtlar ve oluklar, giriş noktasından daha düşük kotlarda bulunan paralel drenaj hendeklerine yüzey altı su akışını kolaylaştırmaktadır. **Şekil 11**, projenin ilk yıllarında sahanın gelişimini göstermektedir. Tampon şerit Zero nehrinin kenarında ağaçlık bir alan içermektedir. Beş pompa Zero nehrinden gelen suyu 30 drenaj kanalına dağıtmakta, burada su biriktirilmekte ve daha sonra topraktan sızmasına izin verilmektedir. Son olarak, su ana drenaj kanalına ulaşır ve ardından Zero nehrine geri boşaltılır (**Şekil 12**). Her ne kadar ekili alanlardan gelen yüzeysel akışlar yerine kirli bir nehir tarafından çekilen suyu arıtan kendine özgü bir tampon şerit olsa da, sulama hendekleri için tampon şeritleri temsil etmektedir.

Şekil 11. NICOLAS nehir kıyısı tampon alanının gelişimini gösteren görüntü dizisi.

[16] Saha, Avrupa çapında tampon şeritlerin tasarlanması ve izlenmesini "Tarımsal Çevrede Peyzaj Yapıları ile Azot Kontrolü" NICOLAS: 1997-2000'Avrupa Araştırma Projesinden sonra NICOLAS olarak adlandırılmıştır.



Şekil 12. NICOLAS sahası içindeki 30 m genişliğindeki deneysel alt sahanın planı (yukarıda) ve kesiti (aşağıda): her bir parsel Zero nehrinden su taşıyan bir sulama hendeğinden sulanmaktadır. Toprak yapısı, sulama hendekleri (GİRİŞ) ve drenaj hendeği (ÇIKIŞ) arasında yükseklik farkına izin vermekte, bu da ağaçlık tampon şeritler boyunca akan bir yüzey altı su akışına neden olmaktadır (Gumiero ve ark., 2011'den değiştirilmiştir).

Dört doğa temelli çözümün giderim kapasitesi oldukça değişkendir ve özel tasarıma ve kirletici yüküne bağlıdır (bkz. **Tablo 1**). Rusteghin sulak alanı, gelen yükün yüzdesi olarak Toplam Azot (TN) gideriminde daha düşük performans gösterir, ancak kapladığı alan birimi başına azot giderme kapasitesi açısından açık ara en iyi performansa sahiptir.

Tablo 1. Venedik Lagünü Venedik Lagünü havzası vaka çalışmasındaki dört çözümün toplam azot (TN) giderim performansı.

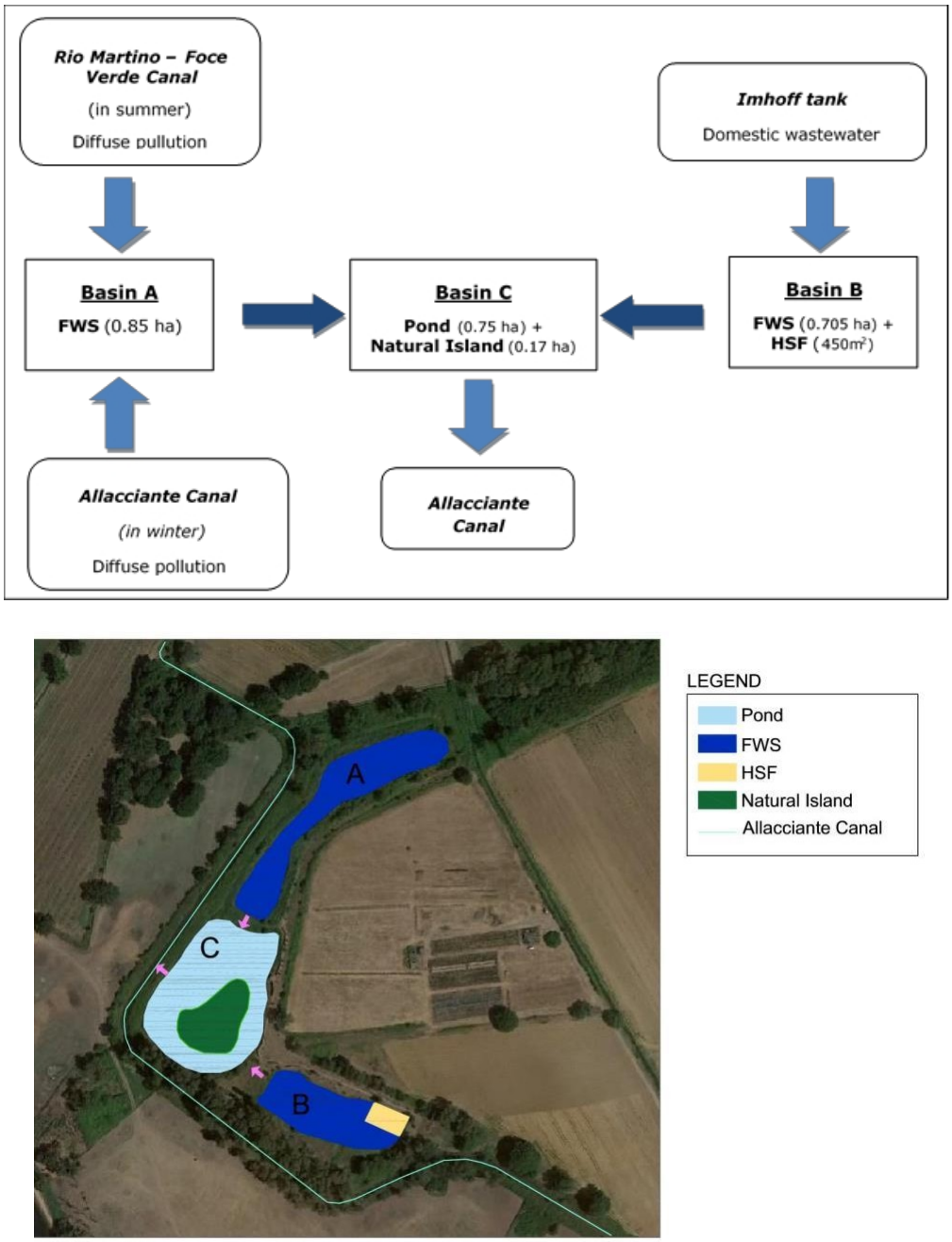
NBS	TN giderimi [%]	TN kaldırma [g m^{-2} y^{-1}]
Rusteghin sulak alanı	23	94.58
Salzano sulak alanı	41.5	20.5
Scandolara tampon şeridi	39	22.5
Nicolas tampon şeridi	50	6

Yayılı kirlilik kontrolü için doğa temelli çözümlerin uygulanmasına ilişkin ikinci vaka çalışması ([17]) Latina eyaletinde, *Albani* tepelerinden (Roma'nın güney doğusu) Thyrrenian kıyısındaki Circeo Dağı'na kadar uzanan 80.000 hektarlık ormanlık ve sulak alanıyla bir zamanlar Avrupa'nın en büyük vahşi alanlarından biri olan *Agro Pontino* bölgesinde yer almaktadır. Bölgenin bugünkü manzarası, 1920'lerdeki "Büyük Arazi Islahı "nın neden olduğu ağır bir peyzaj dönüşümünün sonucudur. Bu dönüşüm, mahsul ve hayvancılıktan kaynaklanan çevresel baskılara yoğun bir endüstriyel (1960'lar ve 1970'ler) ve daha sonra konut (1990'lar-2000) gelişimini de ekleyerek günümüze kadar devam etmektedir. Bu değişiklikler yüzey ve yeraltı sularının giderek kirlenmesine ve ekosistem hizmetleri açısından önemli kayıplarla birlikte peyzajın giderek yapaylaşmasına neden olmuştur. Bölgedeki yapay ve doğal su yollarının çoğunun su kalitesi, 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi (WFD) tarafından belirlenen parametrelere göre "zayıf" veya "kötü" olarak kabul edilmektedir.

[17] Bkz. Borsacchi ve diğerleri, 2021c.

Bu bağlamda Latina Eyaleti tarafından koordine edilen *Life+ REWETLAND* projesi, yaygın kirliliği kontrol etmek ve suların kalitesini iyileştirmek için NBS'yi teşvik etmeyi amaçlamıştır. Proje, 220 km'lik bir drenaj kanalı ağını içeren yaklaşık 700 km'lik^2 bir alanda teşvik edilmesi gereken çeşitli NBS tipolojilerini tanımlayan *Pontine Ovası Entegre Çevre Restorasyon Programının* (*ERP)* hazırlanmasına yol açmıştır. *Life+ REWETLAND* projesi, ERP'yi geliştirerek büyük ölçekte hareket etmenin yanı sıra, yaygın kirliliği kontrol etmek için inşa edilmiş sulak alanların ve tampon şeritlerin etkinliğini göstermeyi amaçlayan dört pilot proje uygulamıştır.

Villa Fogliano alanı, Allacciante Kanalının sağ kıyısı boyunca toplam 5 hektarlık bir alanı (yaklaşık 2 hektar sulak alan) kapsamaktadır. **Şekil 13'te** .gösterildiği gibi düzenlenmiş üç havza (A, B ve C) ile karakterize edilir



Şekil 13. Villa Fogliano Villa Fogliano Yapılandırılmış sulak alanlarının işlevsel şeması

A Havzası (**Şekil 14**) 0,85 bir alanı kaplamaktadır ve derinliği 0,8 m'dir. Bu alanda, bir yüzey akış sistemi (FWS) Rio Martino - Foce Verde Kanalı'ndan (yazın) ve Allacciante Kanalı'ndan (kışın) gelen akışı arıtmaktadır. A havzasından C havzasına deşarj 400 mm çapında bir boru vasıtasıyla gerçekleşmektedir. B Havzası (**Şekil 15**) 0,75 hektarlık bir alana ve 0,80 m derinliğe sahiptir. Bu sulak alan sistemi Villa Fogliano'nun atık suyunun ikincil arıtımı için küçük (450 m^2) bir yatay yüzey altı sistemi (HSF) içermektedir.

köyü ve atık suyun üçüncül arıtımı için 0,71 hektarlık bir yüzey akış sistemi (FWS) bulunmaktadır. Birincil atık su arıtımı bir Imhoff tankı vasıtasıyla yukarı akış yönünde gerçekleştirilmektedir. Yüzey altı sistemi, 0,8 m derinliğe ve %2'ye eşit bir taban eğimine sahip dikdörtgen bir havzadan (W= 18 M; L= 25 m) oluşmaktadır. Rezervuarın tabanı 10 cm'lik bir kum tabakası ve 6 mm'lik (kuru) bentonit jeosentetik bariyer ile kaplanmıştır. Sistem 60 cm'lik bir çakıl tabakasına sahiptir. Tankın giriş ve çıkışı daha büyük çakıl taşları ile karakterize edilir. Kullanılan sucul bitki türleri : *Phgramites australis, Typha latifolia L.* ve *Iris pseudacorus L.* Havza C (**Şekil 16**) yuvarlak bir şekle sahip olup 0,52 hektarlık bir yüzeyi kaplamaktadır. Merkezde yaklaşık 0.17 hektarlık bir ada bulunmaktadır. A ve C havzalarından gelen yüzey suları 250 mm çapındaki bir boru vasıtasıyla Allacciante Kanalına aktarılmaktadır.

Şekil 14. A Havzası A Havzası (Kaynak: LIFE+ REWETLAND)

Şekil 15. B Havzası B Havzası (Kaynak: LIFE+ REWETLAND)

Şekil 16. C Havzası C Havzası (Kaynak: LIFE+ REWETLAND)

Marina di Latina Lineer Parkı'ndaki sulak alan hibrit bir inşa edilmiş sulak alan sistemidir: 1^{inci} aşama, paralel 2 yataklı yatay yüzey altı akışlı (YYA) inşa edilmiş sulak alandan; 2^{nci} aşama ise seri 2 serbest su yüzeyi (SYS) havzasından oluşmaktadır. Genel olarak, inşa edilmiş sulak alan sistemi yaklaşık 0,4 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Sistemin işlevsel şeması **Şekil 17**, 'de gösterilirken**Şekil 18** ve **Şekil 19** sırasıyla HF ve FWS havzalarının ayrıntılarını göstermektedir.

Şekil 17. Marina di Latina Marina di Latina Lineer Parkı'nın işlevsel şeması

Şekil 18. Marina di Latina'daki Marina di Latina Lineer Parkı'ndaki HF havzalarından bir görünüm (Kaynak: LIFE+ REWETLAND)

Şekil 19. Marina di Latina Marina di Latina Lineer Parkı'ndaki FWS havzalarından bir görünüm (Kaynak: LIFE+ REWETLAND)

Sulak alan, Colmata Kanalından gelen su ile bir çift batık pompa ile karakterize edilen tamamen yeraltı bir sistemle beslenir; arıtmadan sonra su, bir pompalama sistemi vasıtasıyla Mastro Pietro Kanalına boşaltılır. İkinci ve üçüncü havzalar, her biri yaklaşık 0,1 hektarlık bir alanı kaplayan FWS'lerdir. Bunlar 200 g/m^2 dokumasız çift çapraz tabaka, k<10$^{(-7)}$ cm/s ve 10 kalınlığa eşit su geçirmez kil tabakası ile karakterize edilir. Serbest akışlı su seviyesi 40 cm'dir. Her iki serbest su sisteminin orijinal tasarımında sulak alanlara yüzen makrofitlerin (su sümbülü: *Eichornia crassipes; Lemna minor*) eklenmesi öngörülmüştü, ancak daha sonra bunlar hariç tutuldu ve havzalar yerel bitki örtüsü (yükselen ve yüzen) tarafından kendiliğinden kolonize edildi.

Aynı bağlamda, iki Tampon şerit (BS) de uygulanmıştır (**Şekil 20**). İlk BS, Spaccasassi Hendeği'nin (Astura Allacciante Kanalı) sol kıyısı boyunca, Bottagone Hendeği ile birleştiği nokta ile Acqua Alta Kanalı ile birleştiği nokta arasında uygulanmıştır. Tampon 6 metre genişliğindeydi ve hem ağaçları (*söğüt - Salix spp*.) hem de çalıları (kızılcık - *Cornus sanguinea* - ve alıç - *Crataegus monogyna*) içeriyordu. Tampon şerit yaklaşık %5'lik bir eğimle tasarlanmış ve uygulanmıştır. İkinci tampon şerit, Selcella Kanalı boyunca Forecellata pompa istasyonunun akış aşağısında, ilkiyle aynı yapıda, ancak yaklaşık %25 eğimle uygulanmıştır. Tampon şeridin yanı sıra, Selcella kanalının kendi kendini arıtma kapasitesini arttırmak için, kanal bölümüne hem acil makrofitler (*Phragmites australis*) hem de batık hidrofitler *(Polygonum amphibium, Potamogeton crispus*) ekilerek akışın pürüzlülüğü ve dolayısıyla sistemin alıkonma süresi arttırılmıştır.

Şekil 20. Allacciante Astura Kanalının Allacciante Astura Kanalının Tampon Şeridi (solda) ve Selcella Kanalının kendi kendini arıtma iyileştirmesi (sağda). Tarımsal bağlamın son derece yapay olduğu açıktır ve tampon şeritler, biyolojik çeşitliliği destekleme potansiyeli ile şu anda neredeyse tamamen eksik olan peyzaj unsurlarını ekleyebilirdi.

Her iki tampon şerit de kanal kesitini yeniden şekillendirmeden uygulanmıştır. Bu teknik çözüm, taşkın durumunda dışarı akışı zarar vermeyen küçük hendekler veya dereler boyunca BS'ler için kabul edilebilir. Durum böyle olmadığında, bitki örtüsünün varlığı, dolayısıyla kesitin daha yüksek pürüzlülüğü ve sonuç olarak daha düşük su hızı, taşkın risklerini yerel olarak artırabilir. Bu sorunu çözmek için diğer bölgelerde (örneğin Venedik yakınlarındaki Consorzio Acque Risorgive) BS'ler kanal kesitini genişleterek uygulanmakta, böylece bitki örtüsünün büyümesine izin verilirken taşkınlar için gerekli taşıma korunmaktadır. 2017 ve 2018 yıllarında Agro Pontino bölgesi, yerel tarımsal faaliyetlere çeşitli zararlar veren önemli sellerden etkilenmiştir. Sellerin ardından yerel çiftçiler Consorzio di Bonifica Agro Pontino'yu kanallar boyunca uzanan bitki örtüsüyle ilgilenmemekle ve dolayısıyla su şebekesinin bakımını sağlama görevini yerine getirmemekle suçlayarak protesto etti. Buna karşılık Consorzio di Bonifica Agro Pontino kanallar boyunca uzanan ağaçların, çalıların ve su bitkilerinin çoğunu kesmiş (**Şekil 21**), dolayısıyla NBS projesi başarısız olmuştur. Yeterli izleme verilerinin yokluğunda, Latina vaka çalışmasındaki NBS'nin kirletici giderme kapasitesi yalnızca bir modelleme çalışmasıyla tahmin edilebilmiş ve sulak alanlar azot için 2 ila 20 g m^{-2} y^{-2}, fosfor için 0.,2 ila 1,1 g $m^{(-2)}y^{(-2)}$) ve pestisitler (Glifosat) için 0,1 ila 4 g $m^{(-2)}y^{(-2)}$arasında giderme oranları önerilmiştir.

Ayrıca, tahminler yüksek belirsizlikten etkilenmesine rağmen, tampon şeritlerin azot için 28,8 g m^{-2} y^{-2}, fosfor için 1,1 g $m^{(-2)}y^{(-2)}$) ve pestisitler (Glifosat) için 0,2 g $m^{(-2)}y^{(-2)}$giderim oranıyla daha iyi bir performansa sahip olabileceği tahmin edilmiştir. Açıkçası, tasarım hedeflerinin koordinasyon eksikliği nedeniyle projenin başarısız olması, bu performansların elde edilmesini baltalamıştır.

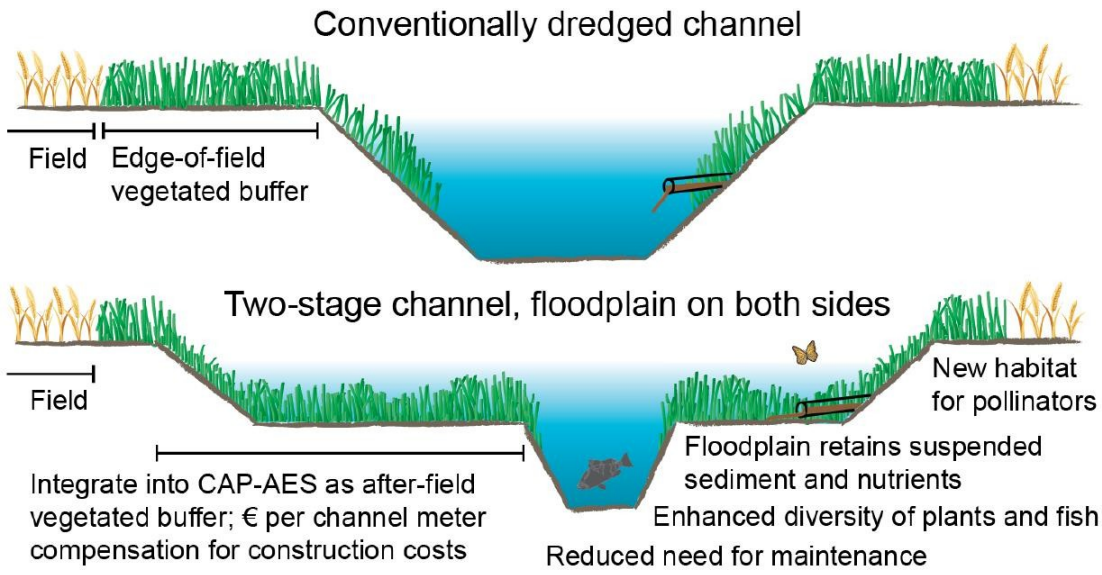
Şekil 21.Üstte: Allacciante Astura kanalının kıyıları: tampon şeritler neredeyse tamamen yok olmuştur. Aşağıda: Selcella kanalının sağ kıyısı (resimde solda): sadece orijinal tampon şeridin çalıları hala görülebilmektedir (resim Ocak 2020'de çekilmiştir)

2.3 Geliştirilmiş akarsu içi tutma

Kirleticilerin tutulmasını ve akarsulardaki yüksek akışların geliştiren bir diğer NBS de iki aşamalı kanal (TSC) tasarımıdır. Bu, geleneksel drenaj kanalı tasarımının olumsuz çevresel etkilerini (sucul ekosistemleri desteklemeyen bir morfoloji ve siltasyon eğilimi dahil) azaltmak geleneksel tarama işlemine bir alternatif olarak önerilmiş ve Västilä ve , 2021'de ayrıntılı olarak incelenmiştir ([18]). İki aşamalı (bileşik) kanallar, mevcut ana kanalın bir veya her iki tarafında inşa edilmiş taşkın yataklarından oluşmaktadır

(**Şekil 22**). TSC'ler, tasarımları ovaların doğal geometrisini taklit ettiği için doğa temelli bir çözümdür.
oldukça küçük bir ana kanala sahip olan ve bitişiğinde sık sık taşkın yatakları bulunan akarsular. TSC tasarımı
hem su hem de tortu taşınımını optimize ve böylece bakım sıklığını azaltarak kanalın yaşam döngüsünü uzatmayı amaçlamaktadır. Düşük debili kanaldaki daha doğal geometri ve akış koşullarının, yeni taşkın yatağı habitatıyla birlikte ekolojik işleyişin ve biyolojik çeşitliliğin artmasına katkıda bulunması beklenmektedir. Geleneksel olarak taranan kanallarda, kanal yatağı daha kolay alüvyonlanır ve aşırı büyür, bu da daha fazla tarama ihtiyacına neden olurken, iyi işleyen TSC'lerin düşük akışlı kanalı kendi kendini temizler. Bakım ihtiyacının azalması, TSC'lerin doğal sedimantasyon ve taşkın süreçleri açısından doğal koşulları taklit etmesiyle açıklanmaktadır. Düzgün bir şekilde tasarlanmış TDK geometrisi düşük, orta ve yüksek akış koşullarında hidrolik olarak işlev görür ve hem yeterli taşkın kapasitesi hem de düşük akışlarda daha yüksek su seviyeleri sağlar.

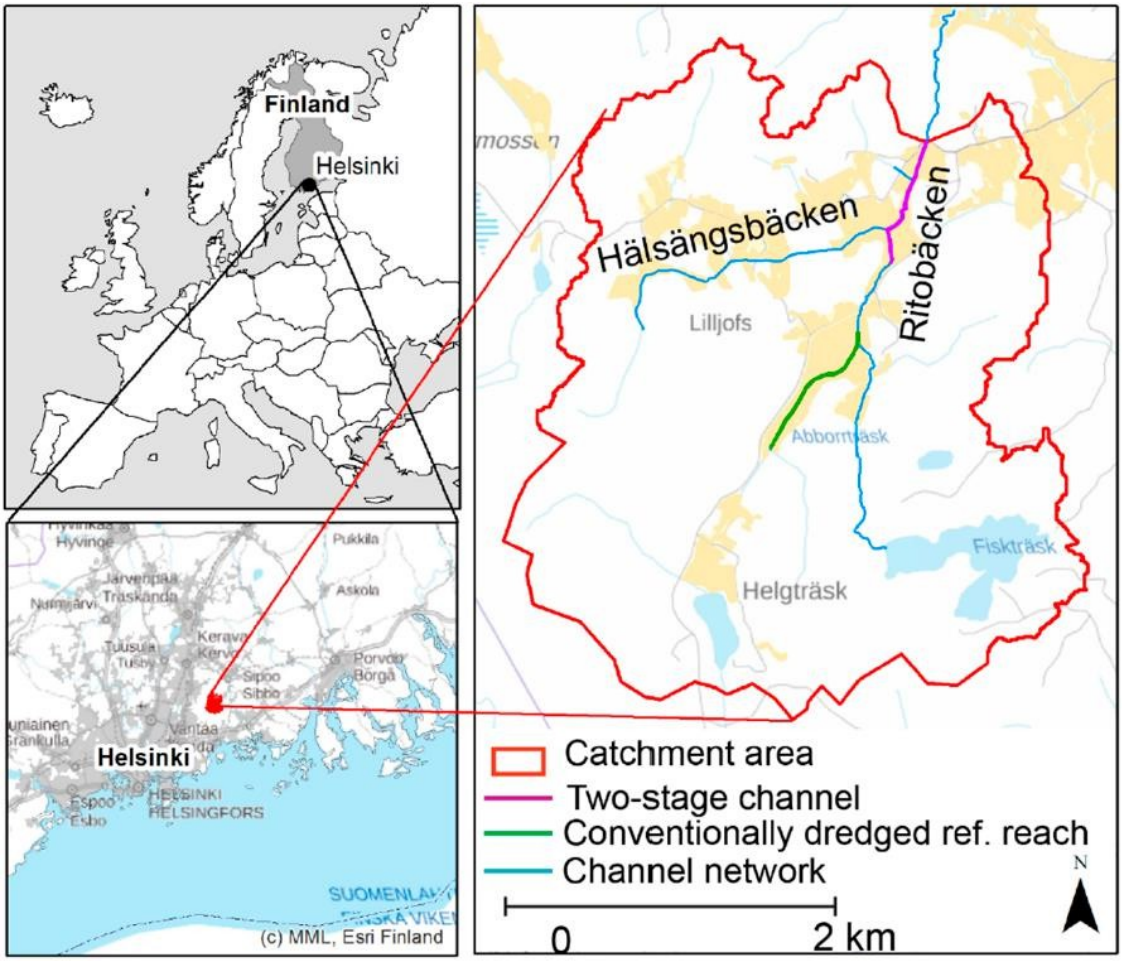
Mevcut sadece birkaç çalışmada, TSC'lerin taşkın yatağında askıda tortu ve fosforun tutulması ve azotun daha iyi giderilmesi nedeniyle su kalitesine fayda sağladığı gösterilmiştir. Besin maddelerinin ve askıdaki tortunun tutulması ve uzaklaştırılması kanalın kendi içindeki su kalitesini iyileştirirken aynı zamanda mansap su yollarına giden yükleri de azaltmaktadır. Mevcut sınırlı kanıtlar, TCD'lerin biyolojik çeşitlilik üzerinde olumlu etkileri olabileceğini de göstermektedir.



Şekil 22. TSC tasarımının özellikleri. Västilä ve diğerleri, 2021'den alınmıştır. CAP-AES, AB'nin Ortak Tarım Politikası kapsamındaki Tarımsal Çevre Programları anlamına gelmektedir.

TSC, Ritobäcken havzasında ve Finlandiya'daki diğer tamamlayıcı sahalarda daha ayrıntılı olarak incelenmiştir (**Şekil 23**). Sahalar Finlandiya'nın killi-siltli tarım alanlarını temsil etmektedir ve yüzey veya yüzey altı drenajlı tarım alanları 10,3 km^2 Ritobäcken havzasının %11,7'sini oluşturmaktadır. Geri kalan tarım dışı havza, kısmen açık hendeklerle drene edilen ormanlar ve fundalıklar ile kayalıklardan (%80,5); yapılaşmış alanlardan (%4,9); su alanlarından (%2,9); sulak alanlar ve fenslerden (%0,1) oluşmaktadır.

[18] Västilä ve diğerleri, 2021 tarafından hazırlanan makale, bu proje için hazırlanan bir rapor temel alınarak hazırlanmıştır. Okuyucu, daha fazla ayrıntı için makaleye yönlendirilmektedir.



Şekil 23. Ritobäcken çalışma alanı. Ritobäcken çalışma alanı. Kaynak: Västilä ve , 2021.

Vaka çalışmasında, TSC tasarımı (bkz. **Şekil 24**'teki örnek) geleneksel taramaya kıyasla daha fazla bitki biyoçeşitliliği göstermiş ve taşkın yataklarına bağlanabilirliğin balık ve makro omurgasız toplulukları için önemli bir itici güç olduğu anlayışı doğrultusunda, geleneksel hendeklere kıyasla daha fazla balık türü zenginliği ve daha yüksek çakıl yumurtlayan balık yüzdeleri ile kanıtlandığı üzere, nehir kıyısı ve akarsu içi habitat kalitesini iyileştirmiştir. Askıda sediman (SS) ve fosforun (P) taşkın yatağında tutulması sırasıyla ortalama 15.000 kg SS/y/km ve 17 kg P/y/km olup, tutma verimliliği TSC uzunluğunun km'si başına SS için %13,6 ve P için %16,3'tür. Sedimanın düşük akışlı kanalın yatağından yeniden nedeniyle, tüm kesit alanı dikkate alındığında toplam net tutma 2400 kg SS/y/km ve 4,3 kg P/y/km ile düşüktür ve tutma verimliliği TSC uzunluğunun km'si başına SS için %2,1 ve P için %3,5'tir. Düşük debili kanaldan yeniden oranının, son konvansiyonel taramadan sonra ortaya çıkan gevşek tortular temizlendikçe zaman içinde önemli ölçüde azalması beklenmektedir. Bu nedenle, daha uzun bir zaman aralığında, taşkın yatağı kazısından sonraki ilk 2-2,5 yıla kıyasla SS ve P'nin net tutma yüzdelerinin artması beklenmektedir. Ana kanaldan gelen yeniden süspansiyonun yarı yarıya azaldığı varsayıldığında, orta vadeli P tutma miktarı ~12 kg veya TSC uzunluğunun km'si başına %10'dur.

Şekil 24. Vaka çalışmasındaki bir TSC örneği.

Bitki türü zenginliğinde kıyı ile taşkın yatağı ve kıyı ile geleneksel olarak taranmış alan arasında gözlenen farklılıklar istatistiksel olarak anlamlıydı, ancak taşkın yatağı ile geleneksel olarak taranmış alanlar arasındaki farklılıklar anlamlı değildi. TSC'nin nemli veya ıslak koşulları tercih eden bitkiler için faydalı olduğu görülmüştür. Hem taşkın yatağındaki hem de kıyıdaki zenginlik, daha geniş ve daha düzgün su basmış bölümün, yani insan yapımı taşkın yatağının yakınlığından kaynaklanıyor olabilir: bazı türler kıyıya 'sürünerek' çıkmaktadır. Tersine, geleneksel olarak taranan kanalda, bitki örtülü alan hendekteki su seviyesine kadar uzanmaktadır, ancak sulak alan türleri azdır. Tüm çalışma kanallarında başka bir yerde kaydedilmemiş bazı türler bulunmuştur, ancak kıyılarda, taşkın yataklarında veya her ikisinde kaydedilen türlerin sayısı TSC'de referans kanallara göre belirgin şekilde daha yüksektir. Ritobäcken'de türlerin %41'i geleneksel olarak taranmış ve iki aşamalı kıyı ve taşkın yatağında ortaktır, türlerin %40'ı sadece taşkın yatağı ve/veya kaydedilirken türlerin sadece %8'i geleneksel olarak taranmış kanala özgüdür. Frekans ve örtüye dayalı hesaplanan Shannon çeşitlilik endeksi, tüm Ritobäcken bölümleri için oldukça yüksek bir çeşitlilik gösterirken, geleneksel olarak taranan kanallar için en düşük çeşitliliğe işaret etmiştir.

TSC tasarımı, özellikle verimli drenaj ve akış iletimi gerektiren Boreal ve Kıta iklimlerinde küçük ve orta ölçekli hendekler, dereler ve akarsular için yaygın olarak uygulanabilir. Kuzey Avrupa ve Orta Batı Amerika Birleşik Devletleri koşullarında yapılan incelemelere göre, TSC'lerin killi ve kumlu topraklara sahip ova ve hafif eğimli alanlar için çok uygun olduğu görülmüştür. TSC tasarımı özellikle yüksek biyoçeşitlilik değerlerine sahip veya geleneksel olarak taranan kanalların dengesiz olduğu veya sık sık temizlenmesi gereken kanallar için uygundur. Unio crassus ve Salmo trutta gibi korunan türler muhtemelen geleneksel tarama işleminden zarar görmektedir ve TSC tasarımı ile daha iyi korunabilir. Literatür araştırmasına dayanarak, TSC'lerin akarsu erişim uzunluğunun en az ~%10-20'sini kapsaması durumunda ölçülebilir faydalar bekliyoruz.

İklim değişikliği, Boreal bölgede yağış miktarının ve askıdaki toprak ve besin maddelerinin tarlalardan sızmasının artması beklendiğinden, verimli drenaj, akış aktarımı ve tarımsal yüklemenin kontrol edilmesi için yeni yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Orta ve Doğu Avrupa'da tarımsal kanal ağının bakım ihtiyacı oldukça ve sadece Finlandiya'da binlerce kilometrelik kanalın bakıma ihtiyacı vardır. TSC, hem yerel yanal akışı hem de tarlalardan gelen yükü arıtabilen tarla sonrası bitkilendirilmiş tamponlardır.

yukarı akış alanlarından. Bunların uygulanması, akışlarının tarla kenarı tamponlarını atladığı yüzey altı drenajlı alanlarda muhtemelen su iyileşmeler sağlar. Kuzey ve Orta Avrupa, tarla alanının yaklaşık %80'i yüzey altı drenaja sahip olduğundan, TSC'lerin uygulanması için çok sayıda potansiyel sahaya sahiptir.

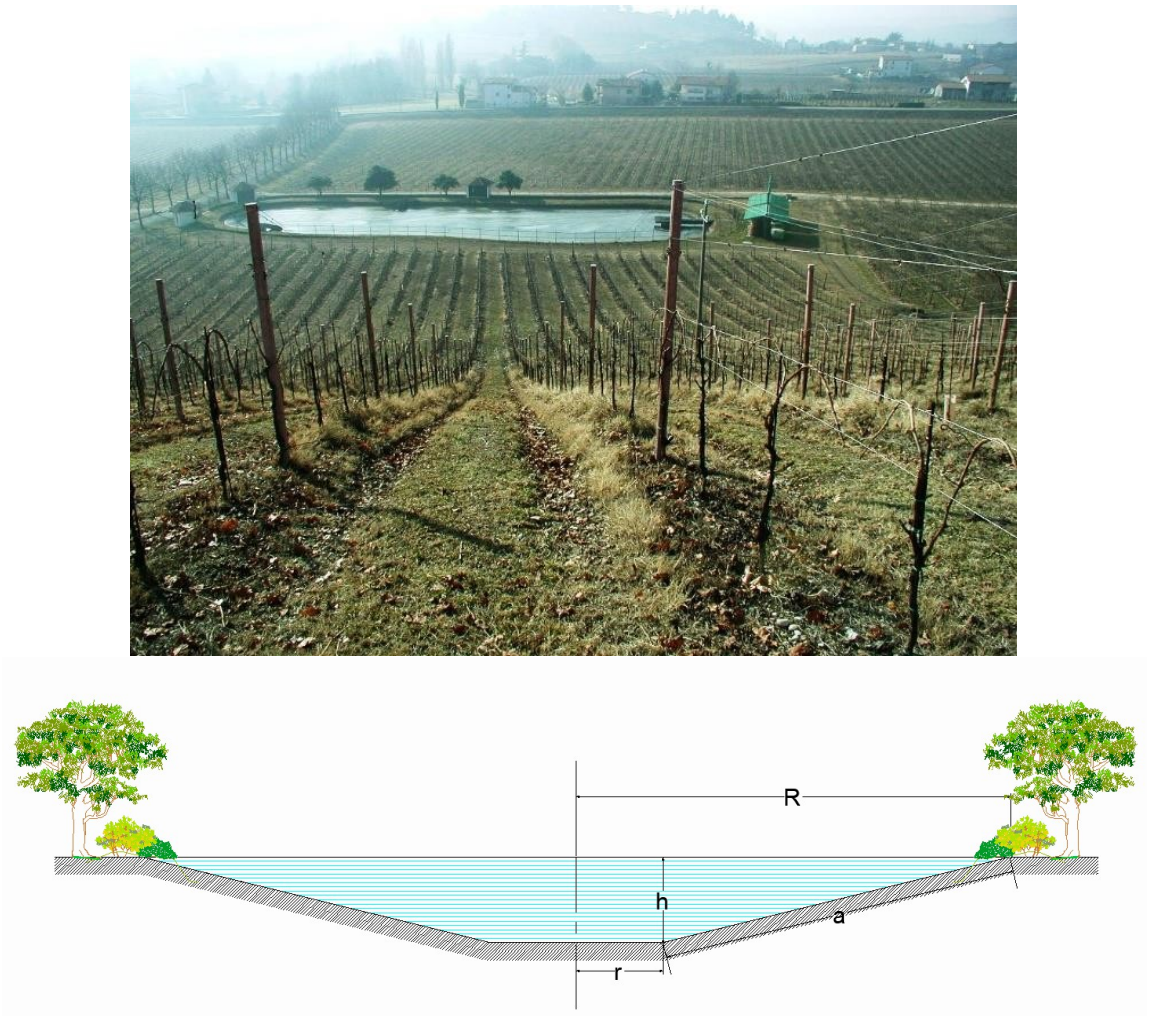
2.4 Su tutma

Suyun toplanması ve depolanması ya da tutulması için doğaya dayalı çözümler, su hasadı, taşkın azaltma ya da ikisinin bir kombinasyonu açısından fayda sağlayabilir. Her bir husus, bu amaçlar için mevcut olan hacme sıkı sıkıya bağlıdır. Depolama hacimlerinin nasıl uygulandığına bağlı olarak, hidrolojik işlevlerini ekolojik ve sosyoekonomik bir işlevle ilişkilendirebilirler. Burada su tutma çözümleri için havza ölçeği ile ilgili üç stratejiyi ele alıyoruz: gölet şeklinde küçük çiftlik ölçekli rezervuarlar; büyük rezervuarlar; ve toprakların tutma kapasitesinin restorasyonu.

2.4.1 Göletler

Su depolamanın ilk yolu, her biri sulama için su depolamak üzere tasarlanmış, bir havza üzerine dağıtılmış nispeten küçük göletler topluluğudur. Su hasadı için göletlerin uygulandığı tarımsal bir havzanın temsili bir örneği olarak, Lamone nehri havzasının vaka çalışmasını ele alıyoruz. Bu vaka çalışması Staccione ve diğerleri, 2021'de ayrıntılı olarak sunulmuştur ([19]. Havza, Emilia-Romagna ve Toskana (İtalya) Bölgeleri arasındaki sınırda Po Nehri Havzası Bölgesi içinde yer almaktadır. Apeninlerden doğar ve kuzeydoğuya doğru akarak Ravenna'nın kuzeyinde Adriyatik Denizi'ne ulaşır. Havza alanı 530 km2'dir. Tarım arazileri nehir havzasının %47'sinden fazlasını kaplamaktadır. Bölge, kivi ve diğer meyvelerin, üzüm ve zeytinin yanı sıra ekilebilir ürünlerin üretimi için de önemlidir. Kivi üretimi Romagna bölgesindeki tarım sektörünün önemli bir parçasıdır ve havzanın yukarı kısmında 700 hektarlık bir alanda bu ürün yetiştirilmekte ve hektar başına yılda ortalama 25 ton üretim yapılmaktadır. Nehir, belirgin mevsimsel değişkenlik gösteren sağanak bir rejime sahiptir. Akış hızı ilkbahar ve sonbaharda zirve yapar ve düşük akışlar yaz ve kış aylarında meydana gelir. Su mevcudiyeti, yani nehirdeki çekilebilir su hacmi, Kasım'dan Mayıs'a kadar yaklaşık 100 Mm^3 iken, Haziran'dan Ekim'e kadar sadece 15 $Mm^{(3)'tür}$. Toplam su çekme izni miktarı (evsel, endüstriyel ve sulama kullanımları dahil) yaklaşık 31 Mm^3/yıl , bunun 13 $Mm^{(3)}$/yıl'ı kurak yaz mevsiminde sulama için kullanılmaktadır. Yaz aylarındaki yüksek su çekimi su kıtlığına neden olmaktadır. Bu nedenle, tarımsal su talebini karşılamak ve ekolojik akışı korumak için su tutma göletleri önerilmektedir. Su tutma göletleri çoğunlukla kazı yoluyla inşa edilir. Toprak özellikleridaha derin kil tabakasının alt geçirimsiz bileşen olarak kullanılmasını mümkün kılarken, kazılan çakıl maliyetleri kısmen karşılamak için satılmaktadır. Ek inşaat unsurları arasında nehirden su toplamak ve göletlerden ekinleri sulamak için pompa sistemleri bulunmaktadır. Savak bulunmamakla birlikte, yaygın bir uygulama çıkarılabilir pompa hortumları kurmaktır. Mevcut göletler, düşük arazi gereksinimleri ve ekosistem işlevleri dikkate alınmadan su depolama hacmini en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Ancak, su tutma havuzları tampon bitki örtüsü oluşturularak, daha yumuşak yan eğimler tasarlanarak ve yaban hayatı ve su faunası için sığınak görevi gören yüzen adalar inşa edilerek ekolojik performansı iyileştirmek üzere tasarlanabilir (**Şekil 25**).

[19] Staccione ve diğerleri, 2021 tarafından hazırlanan makale, bu proje için hazırlanan bir rapor temel alınarak hazırlanmıştır. Okuyucu daha fazla ayrıntı için bu makaleye başvurabilir.



Şekil 25. Yukarıda: Lamone havzasında sulama için kullanılan suyun depolanması için bir gölet örneği. Aşağıda: habitat sağlamayı geliştirmek için daha hafif eğimli kıyılarla tasarlanmış bir göletin örnek kesiti.

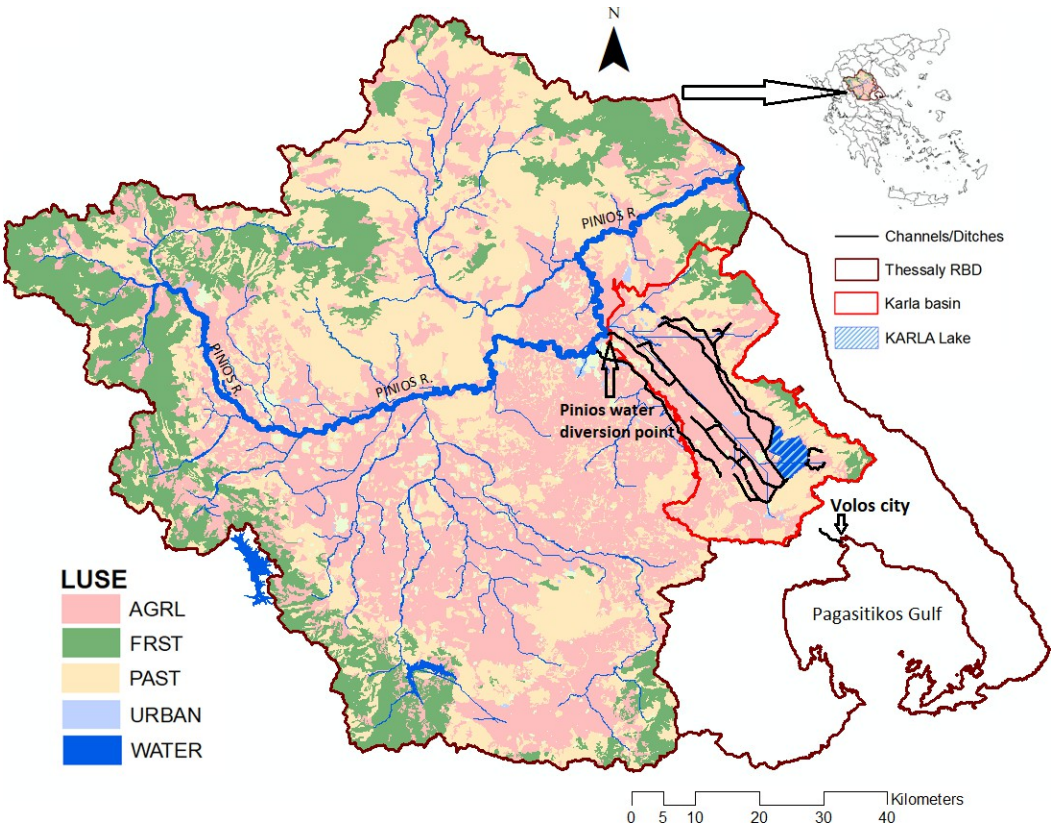
Bu vaka çalışması, yeni göletlerin inşası için uygun alanların kullanımına dayalı olarak, ilave göletler sisteminin hem su dengesi hem de ekolojik bağlantı üzerindeki ekolojik ve hidrolojik etkilerinin ölçülmesine olanak sağlamıştır. Bir peyzaj bağlantı endeksi kullanarak, ekolojik ağın bir düğümü olarak her bir potansiyel alanın ekolojik önemini tahmin etmek mümkündür. Bağlantı ve ekolojik işlevsellik açısından önem taşıyan sahalarda göletlerin uygulanmasıyla elde edilen ilave su depolama hacmi, su mevcudiyetinin ve nehir akış rejiminin iyileştirilmesine yardımcı olurken, maliyetler ve faydalar mümkün olduğunca belirlenir ve ölçülür. Göletlerin ekolojik bir işleve sahip olması için ön koşul, çok işlevli tasarlanmalarıdır. Bu, bölgedeki geleneksel göletlere kıyasla ek maliyetler gerektirir: geleneksel bir gölet yaklaşık 12 Euro/m^3 yatırım gerektirirken, ekolojik olarak tasarlanmış bir gölet yaklaşık 2 Euro/m(3) ek yatırım gerektirir %17 daha yüksek) ve göletin $m^{(3)}$'ü ve yıl başına ^{3}ila 5 sent Euro olarak tahmin edilen potansiyel bir tarımsal üretim kaybına neden olur. Bu maliyetler, ödeme mekanizmalarının tanımlanabileceği ek faydalarla telafi edilebilir.

2.4.2 Büyük rezervuarlar

Çok sayıda küçük rezervuar yerine, su tek bir büyük rezervuarda depolanabilir. Büyük rezervuarlar genellikle akarsular üzerine baraj inşa etme fikriyle ilişkilendirilse de, çok çeşitli amaçlara hizmet etmek üzere değerli göl/sulak alan ekosistemlerinin restorasyonundan büyük depolama hacimleri elde edilebilir. Burada, Orta Doğu'daki Karla gölünün yeniden ıslatılmasıyla elde edilen büyük depolama hacmi örneğini daha ayrıntılı olarak ele alıyoruz.

Yunanistan, Panagopoulos ve Dimitriou, 2020'de ([20]) ayrıntılı olarak sunulduğu üzere, yakın geçmişte tarım için arazi kazanmak amacıyla kurutulan önemli bir doğal göl.

Bu vaka çalışması, Orta Yunanistan'daki tarımsal Pinios nehir havzasının (~10.800 km^{2}) su kıtlığı olan doğu kısmındaki bir NBS'ye, Teselya'daki Karla havzasında yeni oluşturulan Karla rezervuarına odaklanmaktadır (Orta Yunanistan: **Şekil 26**). Teselya, tarımı olumsuz etkileyen ve sulamada kesintilere, yeraltı suyunun aşırı kullanımına ve önemli ürün kayıplarına neden su kıtlığı ile karakterize edilen ülkenin en önemli tarım bölgesidir. Sulanan (ve sübvanse edilen) başlıca ürün pamuktur ve su kıtlığı tehdidine rağmen yerel tarım ekonomisinin lokomotifi olmaya devam etmektedir. Pinios havzasında kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. Yıllık ortalama 560 mm yağış alan Karla Gölü havzası, Pinios diğer tüm bölgelerden daha fazla su kıtlığı çekmektedir. Tarım, Pinios havzasındaki yıllık su talebinin %90-95'ini temsil eden ana su tüketicisidir ve sulanan arazi toplam ekili alanın yarısını (400.000 hektar) kapsamaktadır. Pamuk, yüksek su talebiyle (büyüme döngüsü başına 5.000 m^{3}/ha su) ana üründür, onu mısır ve yonca takip . Buğday, sulanmadığı halde neredeyse pamuğa bir alanı kaplamaktadır. Büyük ölçüde tükenmiş yeraltı su kaynaklarından çekilen sulama suyu, derin pompalama ihtiyacı nedeniyle daha pahalı hale gelmiş ve doğu kıyı bölgelerinde tuzlu su girişine neden olmuştur. Enerji, çiftçiler için açık ara en büyük maliyet kalemidir ve genellikle suyun kendisi için çok az ödeme yapılmaktadır.



Şekil 26. Karla Gölü havzasını da içeren Karla Gölü havzasını da içeren tarımsal Pinios nehir havzası ve Yunanistan'daki konumu.

Bunun üzerine yetkililer gölü restore etmeye karar verdi. Nihai restorasyon kararı 2000 yılında Yunan hükümeti tarafından alındı ve masraflar kısmen Avrupa Komisyonu tarafından 2000-2006 dönemi için onaylanan Avrupa Birliği'nin 'Çevre' Operasyonel Programı (Yapısal fonlar) tarafından karşılandı. Yeni proje bugün eski doğal Karla Gölü'nün yerinde yapay bir rezervuardır. Yeni Karla Gölü, Natura ve Ramsar alanı olarak hayati bir su ekosistemi ve havzadaki doğal kış akışını ve Pinios nehrinden su derivasyonlarını toplayarak işlevsel bir çok amaçlı rezervuar olarak nitelendirilmiştir,

[20] Panagopoulos ve Dimitriou'nun 2020 tarihli makalesi, bu proje için hazırlanan bir rapor temel alınarak yazılmıştır. Okuyucu daha fazla ayrıntı için bu rapora başvurabilir.

komşu ova alanlarını taşkınlardan koruyabilecek, kurak mevsimlerde yakındaki ekinleri sulayabilecek ve yakındaki Volos şehrine su temini sağlayabilecektir (bkz. **Şekil 27**).

Yeni rezervuar şu anda eski sulak alanın en alt kısmında yer almakta ve 9 m yüksekliğinde iki set inşa edilerek korunmaktadır. Pompa istasyonları, drenaj hendekleri ve dört yağmur suyu kolektörü vasıtasıyla, üst havzanın daha yüksek bölgelerinden gelen yüzey akış suyu rezervuara yönlendirilmektedir. Proje ayrıca Volos'a su temini çalışmalarını, yaklaşık 90 km^2 uzunluğundaki sulama şebekelerini, taşkın kontrol çalışmalarını, yapay sulak alan inşaatlarını (üç insan yapımı ada ve kuşların yuvalanması ve balıkların üremesi için 0,45 km^2 uzunluğunda sığ bir sulak alan), peyzaj ve ekosistem yönetiminin yanı sıra ekoturizm ve diğer rekreasyonel faaliyetlerin geliştirilmesine yönelik yeni altyapıyı da içermektedir. Gölün su bütçesi değerlendirmelerine göre, kış mevsimi boyunca Pinios nehrinden yıllık olarak ihtiyaç duyulan ek su miktarı, Volos bölgesine sulama ve içme suyu temini dahil olmak üzere yaklaşık 90 hm^3 olup, aynı zamanda akiferi yeniden şarj etme kapasitesi de dahil olmak üzere gölün çevresel ve ekolojik işlevlerini sağlayabilecek sürekli su mevcudiyeti için gerekli su miktarlarıdır. Pinios'tan su aktarımı bir hendek ağı ile sağlanmaktadır. Yeniden inşa edilen Karla Gölü 38 km'lik bir yüzeye sahiptir[2]. Maksimum 4,5-5 m su derinliğine kadar su depolamak üzere tasarlanmış olup, sulak alan olarak ekolojik kriterleri karşılamak için minimum 2-2,5 m derinlik korunmuştur. Rezervuarın insan kullanımı için dağıtabileceği mevcut su hacmi 100 milyon $m'dir^3$.

Şekil 27. Karla Gölü'nün Soldaki doğu setini ve sağdaki iki kuş yuvalama adasını içeren Karla Gölü'nün çevresinin doğu kısmından panoramik bir görünüm.

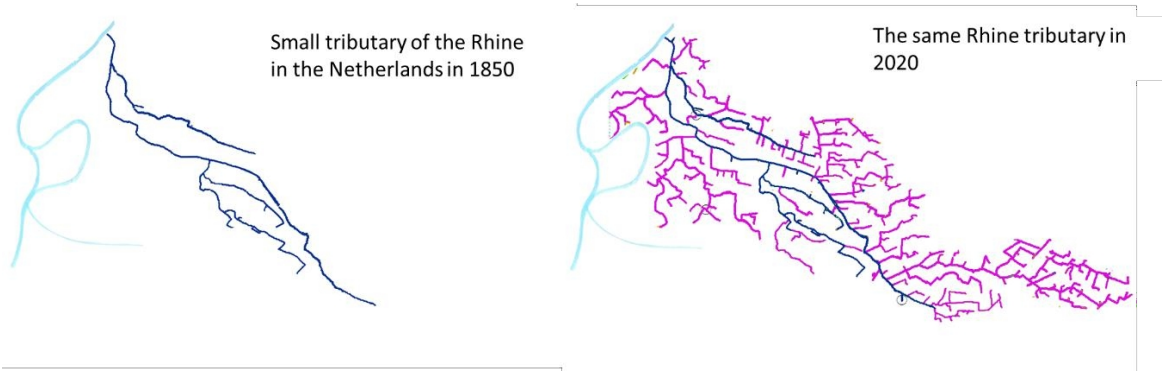
2.4.3 Geliştirilmiş toprak tutma

Göletler ve rezervuarların yanı sıra, suyu depolamanın etkili bir yolu da toprakta tutmaktır. Bir çiftçi genellikle kök bölgesindeki su ve hava mevcudiyetini dengelemek için toprağı uygun bir su içeriğinde tutmakla ilgilenir. Dahası, aşırı ıslak topraklara erişmek ve daha zordur. Bu durum, Avrupa genelinde tarım arazilerinin geniş çaplı yapay drenajını haklı çıkarmış ve su döngüsünün daha iyi düzenlenmesi için kısmen geri kazanılabilecek olan topraklarda depolama kapasitesinin kaybına neden olmuştur. Burada, Almanya'daki Ren nehri havzası içindeki Alman Orta Dağları'nda bulunan Steinebrück'ün yukarısındaki Kyll havzasında geliştirilen bir vaka çalışmasına atıfta bulunarak, baş su havzalarında toprağın su tutma potansiyelini tartışıyoruz ([21]).

Avrupa nehirlerinin çoğu insan faaliyetlerini desteklemek için değişikliklere maruz kalmıştır: menderesler kesilmiş ve yanal taşkın yatakları daraltılmıştır, bunun başlıca nedeni seyrüsefer koşullarını iyileştirmek ve tarım ve yerleşim için arazi kazanmaktır. Ren Nehri de bunun bir istisnası değildir. Bu değişikliklerin olumsuz yan etkileri arasında suyun daha hızlı boşalması, daha yüksek sel risklerine yol açması, daha uzun kuraklık dönemleri ve biyolojik çeşitliliğin kaybı yer almaktadır. En az bunlar kadar önemli olan ancak daha az bilinen bir başka husus da, büyük nehirlerin mikro su toplama alanlarının da zaman içinde önemli ölçüde değişmiş olmasıdır. Bataklık, yukarı vadi kısımları eskiden "doğal süngerler" olarak işlev görür, şiddetli yağışlardan gelen suyu geçici olarak depolar, ardından küçük ve düzenli akıntılar halinde kademeli olarak serbest bırakırdı. Drenajın gelişmesi bu işlevi önemli ölçüde azaltmıştır. **Şekil 28**, örnek olarak, Hollanda'da Ren Nehri'nin küçük bir kolunun drenajında son 170 yılda meydana gelen dramatik değişimi göstermektedir. Sadece vadiye düşen yağış ve karın değil, aynı zamanda çok daha geniş, yokuş yukarı çevreden gelen yağışın da tamponlandığını bilmek önemlidir. Bu nedenle, vadi tabanındaki nispeten küçük bir sulak alan

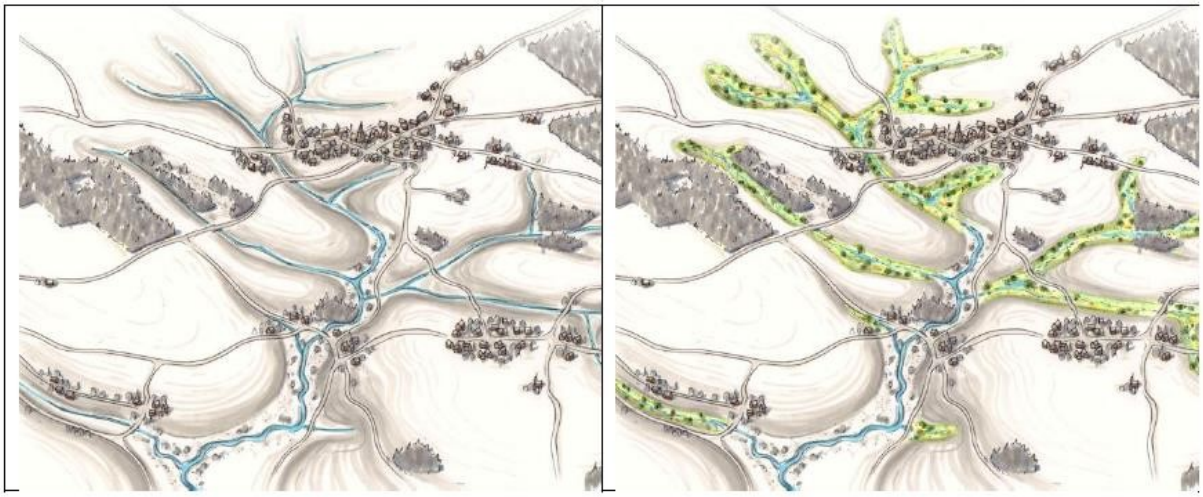
[21] Bu bölüm Lorenzo ve diğerlerinin 2021 tarihli raporuna dayanmaktadır.

çok daha büyük bir düzenleyici etkiye sahiptir. Ancak tüm Avrupa'da, bu son derece önemli sulak alanların çoğu kurutulmuştur. Buralardan çıkan düzenli su akışları, güçlü bir şekilde titreşen akarsulara dönüştü ve yağışlardaki değişikliklere neredeyse anında tepki vererek yerel, bölgesel ve (ülkeler arası) ölçekte hem sel hem de kuraklık olaylarını artırdı. Bu durum halihazırda sel ve kuraklık riskinin artmasına neden olmaktadır ve önlem alınmazsa bu sorunlar iklim değişikliği nedeniyle daha düzensiz ve yoğun yağış modellerine ve dolayısıyla nehir deşarjında daha da büyük dalgalanmalara yol açarak artacaktır.



Şekil 28. 1850-2020 yılları arasında Ren Nehri'nin Hollanda'daki bir kolunda drenaj ağında meydana gelen değişiklikler. Sol: 1850 yılındaki drenaj ağı (mavi çizgiler). Sağ: tarihi drenaj (mavi çizgiler) ve 1850'den beri uygulanan yapay drenaj (pembe çizgiler)

Bunu düzeltmek için gereken müdahale nispeten basittir (bkz. **Şekil 29**): uygun alanlarda mevcut drenaj kanalları , yağışın çok daha büyük bir kısmı tekrar toprağa sızmaya başlayacak ve çok daha yavaş yüzey altı akışı olarak aşağıya doğru hareket edecek, yağışın daha küçük bir kısmı ise hızlı bir kara akışı olarak hareket edecektir. Yağış yoğunluğunun toprağın infiltrasyon kapasitesini aştığı durumlarda, karasal akış hala baskın deşarj süreci olmaya devam eder. Ancak bu akış, hızlı akan drenaj kanallarına kıyasla doğal bitki örtüsü tarafından yavaşlatılacaktır. Sonuç olarak, nehir havzasının küçük bölümlerinde drenaj kanallarının tıkanmasına yönelik basit müdahalenin, akarsu hızının genel olarak azalmasına ve dolayısıyla hem taşkın zirvelerinin hem de kuraklıkların azalmasına neden beklenebilir.



Şekil 29. Yukarı havza mikro havza alanlarında Doğal Su Tutma (sünger restorasyonu) konsepti. Sol: mevcut koşullarda yüksek drenaj yoğunluğuna havza. Sağda: küçük derelerde toprak tutmanın restorasyonu yoluyla drenaj yoğunluğunun azaltılması.

Şekil 30, ıslah sürecinin farklı aşamalarında çalışma havzasının üç bölümünü göstermektedir. Vaka çalışmasında kalibre edilmiş bir hidrolojik model ile analiz edilen bu stratejinin etkisi güçlü görünmektedir: bir mikro havzadaki alanın %6'sında drenaj sistemlerinin kaldırılması, bu mikro havzadan çıkan maksimum pik akışın %20-30 daha düşük olmasına neden olurken, düşük akış (kuraklığın azaltılması için bir gösterge) %10-%30 oranında artmaktadır. Havzaya bir bütün olarak bakıldığında, etkiler azalma eğilimindedir, ancak oldukça büyük kalmaktadır.

Tutma kapasitesinin restorasyonu suyun taşınmasını yavaşlatır ve dolayısıyla bitki örtüsü ve toprağın besin maddelerini emmesi için daha fazla zaman sağlar, böylece bir havzadan besin maddelerinin konsantrasyonu ve ihracatı azalır. Su tutma alanları doğal sulak alanlar olarak restore edildiğinde, gübre ve gübrelerden kaynaklanan girdiler önemli ölçüde azaldığı için su kalitesi daha da artar. Çalışma alanında, gübre ve gübre kullanımı halihazırda zaten sınırlıdır, bu nedenle su kalitesindeki iyileşmeler büyük ölçüde akarsu hızının azalmasından kaynaklanmaktadır. Tutma kapasitesinin yeniden sağlandığı mikro havzalarda besin maddelerindeki azalmanın Azot (N) için %50 ve Fosfor (P) için %65 olduğu tahmin edilmektedir. Yüksek besin seviyeleri bulanıklığa ve potansiyel mavi-yeşil alg oluşumuna katkıda bulunduğundan biyoçeşitlilik için özellikle önemli olan pik seviyeleri de azalmıştır. Günlük maksimum N ve P ihracatı, proje alanlarındaki sulak alan senaryosu için N için %28-60 ve P için %52-69 oranında önemli düşüşler göstermektedir.

Şekil 30. Toprakların tutma kapasitesinin birbirini takip eden üç aşamasında drenajın temsili anlık görüntüleri: soldan sağa, fazla akışı mümkün olduğunca çabuk tahliye eden bir hendek; tıkanmış bir hendek ve drenajın tıkanmasından kaynaklanan bir sulak alan.

3 NBS'nin benimsenmesi için gereken koşullar

3.1 NBS'yi bir seçim haline getirebilecek olan nedir?

NBS, "gri" alternatiflerinin aksine, potansiyel olarak çok işlevli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, sağlayabilecekleri faydaları en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmalıdırlar ve bu da çeşitli aktörlerin, paydaşların ve yararlanıcıların dahil edilmesini gerektirebilir.

Bazı UBS'ler, özellikle arıtma sulak alanları (TW) ve depolama havuzları, tipik olarak özel, nispeten küçük ölçekli operatörler tarafından faaliyetlerinin ihtiyaçları için uygulanmaktadır ve ilk etapta, genellikle daha "teknolojik" alternatiflerden daha ucuz olan, uygun maliyetli bir yanıt sağlamaları gereken belirli bir hedefe hitap etmektedir. Bu gibi durumlarda, birincil ihtiyacın karşılanması dışındaki faydaların (örneklerde atık yönetimi veya su depolama) göz ardı edilmesi riski ortaya çıkmaktadır. , bir sanayi tesisi içindeki TW, biyolojik çeşitliliği desteklemek veya alanın peyzajını yapmak için yönetilmeyebilir; su depolamak için tasarlanan göletler, gelişen su ekosistemlerine izin vermeyecek kadar dik kıyılara sahip olabilir; .

Bazı durumlarda, bir NBS'nin ekolojik işlevleri göz önünde bulundurularak işletilmesi önemli maliyetler gerektirmeyebilir ve hatta bazı durumlarda işletme giderlerini azaltabilir. Örneğin, bazı sazlıklar periyodik olarak biçilirken (San Rocco di Piegara, Mojkovac ve Kastelir'de durum böyleydi), bunların kendiliğinden büyümesine izin verilebileceği (Dellach örneğinde olduğu gibi) ve böylece amfibiler ve kuşlar için daha istikrarlı ve çeşitlendirilmiş bir habitata dönüşebileceği gösterilmiştir.

Göletler söz konusu olduğunda, daha hafif eğimli daha ekolojik bir tasarım, Lamone havzası örneğinde olduğu gibi tarımsal üretimin ihtiyaçlarıyla çatışabilecek daha büyük bir arazi işgalini gerektirir. Drenaj hendeklerinin iki aşamalı tasarımı, Ritobäcken vaka çalışmasında gösterildiği gibi geleneksel tasarıma göre daha pahalıdır. Bu durumda, işletmecilere ek teşvikler sağlamak gerekebilir. Bunlar örneğin doğrudan finansman (AB'nin Ortak Tarım Politikası fonlarında olduğu gibi) veya ekonomik faaliyetlerin geliştirilmesi için fırsatlar gibi dolaylı teşviklerden oluşabilir.

Genellikle küçük ölçekli özel NBS'ler, doğrudan erişilebilir olmadıkları ölçüde paydaşları çekmek ve dahil etmek için sınırlı fırsatlar sunar, bu nedenle bunların benimsenmesi, operatörlerin açık doğrudan avantajları belirleme becerisine bağlıdır. Aynı zamanda kamu, daha büyük ölçekte sağlayabileceği kümülatif faydalar nedeniyle NBS'nin teşvik edilmesinde menfaat sahibi olabilir. Örneğin, tarımın hakim olduğu Lamone havzasında sulama amaçlı göletler ekolojik bir ağın basamak taşları veya düğüm noktaları haline gelebilir, böylece daha ekolojik bir tasarımın gerektirdiği ekstra maliyeti karşılamak için işletmecilere fon sağlamak doğa koruma bütçeleri kapsamında uygun maliyetli yatırım olabilir.

NBS'nin diğer faydaları daha yerel olabilir. Örneğin, Mojkovac olduğu gibi, bir atık su arıtma tesisinin çevre düzenlemesi, yakındaki bir alanı halkın rekreasyonu için daha cazip hale getirebilir.

NBS bir havza ölçeğinde tasarlandığında, genellikle çok işlevli rolleri daha belirgin hale gelir. Consorzio di Bonifica Acque Risorgive tarafından Venedik lagünü havzasında uygulanan tampon şeritler ve sulak alanlar, taşkın azaltma ve biyolojik çeşitlilik desteğinin yanı yaygın besin kirliliğinin kontrolünü sağlarken peyzajı daha çekici hale getirmektedir. Teselya'daki Karla gölünün restorasyonu, önceki yapay drenajdan ciddi şekilde etkilenen bir havzada peyzajın genel bir rehabilitasyonuna vesile olmuştur. Bu gibi durumlarda, rekreasyonel faaliyetlerin önü açılabileceği için paydaşların aktif katılımına daha sık rastlanmaktadır. Bazı durumlarda, Alman Orta Dağları örneğinde olduğu gibi, rekreasyon açısından görünürde hiçbir değeri olmayan bir havzanın marjinal kısımları üzerindeki eylem, maliyet etkinliği gerekçesiyle haklı görülebilir. durumlarda, peyzajın uzun vadeli ekolojik rehabilitasyonu için koşullar yaratmak mümkün olabilir ve bu da zaman içinde daha yüksek bir manzara ve rekreasyonel çekiciliğe dönüşebilir.

Önceki bölümlerde sunduğumuz örnekler, NBS'lerin ya "gri" geleneksel alternatiflerinden görünüşte daha düşük bir maliyete sahip olduklarında ya da birden fazla hedef bağlamında ele alınabildiklerinde, dolayısıyla tek bir bütçeyle karşılanamayacak ekstra maliyetleri destekleyen birden fazla bütçeyle ve açık ek faydalar sayesinde bir seçenek haline geldiğini göstermektedir.

3.2 Maliyetlerin ölçülmesi

NBS'nin maliyetleri tipolojiye göre değişir, ancak uygun maliyet fonksiyonları kullanılarak ilk yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Burada, çeşitli NBS türlerinin sermaye harcamalarının (CAPEX) ve işletme harcamalarının (OPEX) tahminine yönelik basitleştirilmiş bir yaklaşım önererek, planlama ve işletme maliyetlerinin hızlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlıyoruz.

programlama amaçları ([22]. Aynı formülasyon, AB ölçeğindeki hesaplamalar için, gösterge niteliğindeki varsayılan parametrelerle birlikte, tamamlayıcı bir teknik raporda (Pistocchi, 2022) önerilmektedir.

Aşağıdaki müdahale türlerini dikkate alıyoruz:

- Yüzey altı akış arıtma sulak alanı (SSF)
- Yüzey akış arıtma sulak alanı (SF)
- Göletler
- Tampon şeritleri
- Bitki örtülü hendekler (VD).

Her bir müdahale türü için, Avro (€) cinsinden CAPEX (**Tablo 2**) ve OPEX (**Tablo 3**) sağlayan bir harcama fonksiyonu öneriyoruz. Her bir müdahale türü için kullanılan değişkenler OPEX denklemlerinin değişkenleri :bölümünde belirtilmiştir

— $n_{checking}$yıllık kontrol için eşdeğer personel çalışma saatlerinin parametrik sayısı, fonksiyonu NBS alanının (h m^{-2} y^{-1});

— $n_{green,reed}$yıllık ve yeşil için eşdeğer personel çalışma saatlerinin parametrik sayısısazbakımı , NBS alanının fonksiyonu (h m^{-2} y^{-1});

— *C1* düzeltici bir katsayı, alanın fonksiyonu;

— *C2* birincil arıtma bakım maliyetinin düzeltici katsayısı.

Tablo 4.

Tablo 2. CAPEX denklemleri

Sistem	CAPEX		
	Denklem	c1	c2
SSF	CAPEX=((Cs*V)+(Ce*V)+(Cf*Vf)+(Cw*A))*C1*C2)+(Cl*Al)+(p*WC)	C1=3.7136*Area^(-0.088)	1.4
SF	CAPEX=((Cs*V)+(Ce*V)+(Cw*A))*C1*C2)+(Cl*Al)+(p*WC)	C1=7.46*Area^(-0.102)	1.5
Gölet	CAPEX=((Cs*V)+(Ce*V)+(Cw*A))*C1)+(Cl*Al)+(p*WC)	C1=7.819*Area^(-0.189)	-
VD	CAPEX=((Cs*V)+(Ce*V))*C1)+(Cl*Al)+(p*WC)	1.7	-
Tampon	CAPEX= ((Cs*V)+(Ce*V)+n_trees*p_pers*A)+(Cl*A)+(p*WC)	-	-

CAPEX denklemlerinin değişkenleri şunlardır:

— *Cs* kazı için parametrik maliyet (€/m^{3});

— *Ce* dolgu için parametrik maliyet (€/m^{3});

— *Cf* dolgu maddesi için parametrik maliyet (€/m^{3});

— *Cw* su yalıtımı için parametrik maliyet (€/m^{2});

— *Cl* arazi edinimi için parametrik maliyet (€/m^{2});

— *WC* sistemin çalışma maliyetidir (€);

— *A* alan (m^{2});

— *Al*, alım alanıdır (m^{2});

— *V* hacim (m^{3});

— *Vf* dolum ortamı hacmi (m^{3});

[22] Bu bölüm, Bresciani ve diğerleri (2021) tarafından hazırlanan raporun 2.2 bölümünden alınmıştır.

— *C1* düzeltici bir katsayı, alanın fonksiyonu;

— *C2* birincil tedavi maliyetinin düzeltici katsayısı;

— n_{trees} ağaç dikimi için eşdeğer personel çalışma saatlerinin parametrik sayısı, tampon şerit alanının fonksiyonu (h/m$^{2)}$;

— parametrik personel maliyetini (€/h) *gösterir*.

— *p* teknik araştırma ve danışmanlık maliyetlerini gösteren çalışma maliyetinin yüzdesi, SSF, SF ve Pond için %20'ye, VD ve Buffer için %10'a eşittir;

— *WC* sistemin çalışma maliyeti.

Tablo 3. OPEX denklemleri

Sistem	OPEX				
	Denklem	C1	C2	nchecking	ngreen, reed
SSF	OPEX=n*p*C1*C2	C1=1.1658*Area^0.0239	1.8	12.016*Alan^0.758	0.09
SF	OPEX=n*p*C1*C2	C1=1.0585*Area^0.0461	1.9	12.016*Alan^0.758	0.07
Gölet	OPEX=n*p*C1	C1=0.332*Alan^0.2637	-	12.016*Alan^0.758	-
VDD	OPEX=n*p*C1	1.5	-	12.016*Alan^0.758	0.01
Tampon	OPEX=n*p*C1	1.6	-	0.01	-

OPEX denklemlerinin değişkenleri şunlardır:

— $n_{checking}$ yıllık kontrol için eşdeğer personel çalışma saatlerinin parametrik sayısı, NBS alanının fonksiyonu (h m^{-2} y$^{-1)}$;

— $n_{green,reed}$ yıllık saz ve yeşil bakımı için eşdeğer personel çalışma saatlerinin parametrik sayısı, NBS alanının fonksiyonu (h m^{-2} y$^{-1)}$;

— *C1* düzeltici bir katsayı, alanın fonksiyonu;

— *C2* birincil arıtma bakım maliyetinin düzeltici katsayısı.

Tablo 4. Denklemlerde kullanılan değişkenler

CAPEX					
	SSF	SF	Gölet	VD	Tampon
Cs	X	X	X	X	X
Ce	X	X	X	X	X
Cf	X				
Cw	X	X	X		
Cl	X	X	X	X	X
WC	X	X	X	X	X
A	X	X	X		
V	X	X	X	X	X
Vf	X				
Al	X	X	X	X	X
p	X	X	X	X	X
C1	X	X	X	X	
C2	X	X			
OPEX					
	SSF	SF	Gölet	VD	Tampon
CAPEX					

	SSF	SF	Gölet	VD	Tampon
nchecking	X	X	X	X	X
ngreen, reed	X	X		X	
p	X	X	X	X	X
C1	X	X	X	X	X
C2	X	X			

3.3 Faydaların değerlemesi

NBS tarafından ekosistem hizmetleri şeklinde sağlanan çoklu faydalar, **Tablo 5**.'te gösterildiği gibi Uluslararası Ekosistem Hizmetleri Ortak Sınıflandırması (CICES) ([23]) çerçevesinde değerlendirilebilir

Tablo 5. NBS'nin sağlayabileceği NBS'nin sağlayabileceği ekosistem hizmetlerinin gösterge niteliğindeki listesi.

NBS tipi	Fayda (ekosistem hizmeti)	Ekosistem hizmetleri CICES sınıflandırması	
		CICES V 4.3'ten alınan kod	CICES V 5.1'den alınan kod
Arıtma sulak alanları	Su Kalitesi	2.3.4.1	2.2.5.1
	Biyoçeşitlilik desteği	2.3.1.2	2.2.2.3
	İklim değişikliğinin azaltılması (sera gazı emisyonlarının kontrolü)	2.3.5.1	2.2.6.1
	Rahatsızlık	2.1.2.3	2.1.2.1; .1.2.2; .1.2.3
	Biyoetanol kaynaklı enerji	N/A	1.1.5.3
	Odun üretiminden elde edilen enerji	1.1.1.3	1.1.5.1; 1.1.5.2
Tampon şeritler, sulak alanlar ve bitki örtülü hendekler	Su Kalitesi	2.3.4.1	2.2.5.1
	Biyoçeşitlilik desteği	2.3.1.2	2.2.2.3
	Peyzaj güzelliği, mikro iklimin iyileştirilmesi, çekicilik	3.1.2.5	3.1.2.4
	İklim değişikliğinin azaltılması (sera gazı emisyonlarının kontrolü)	2.3.5.1	2.2.6.1
	Biyoetanol kaynaklı enerji	N/A	1.1.5.3
	Odun üretiminden elde edilen enerji	1.1.1.3	1.1.5.1; 1.1.5.2
Göletler için su depolama	Taşkın riskinin azaltılması	2.2.2.2	2.2.1.3
	Kuraklıkların azaltılması	1.1.2.1; 1.2.2.1	4.2.1.1; 4.2.1.2
	Su Kalitesi	2.3.4.1	2.2.5.1

[23] https://cices.eu/

NBS tipi	Fayda (ekosistem hizmeti)	Ekosistem hizmetleri CICES sınıflandırması	
		CICES V 4.3'ten alınan kod	CICES V 5.1'den alınan kod
	Biyoçeşitlilik Desteği	2.3.1.2	2.2.2.3
	Peyzaj, çevre, mikro iklim iyileştirmesi, çEKiCiLiK	3.1.2.5	3.1.2.4
	İklim değişikliğinin azaltılması	2.3.5.1	2.2.6.1
	Biyoetanol kaynaklı enerji	N/A	1.1.5.3
	Odun üretiminden elde edilen enerji	1.1.1.3	1.1.5.1; 1.1.5.2
	Tuzlu su sızıntısının azaltılması, Çökmenin azaltılması	N/A	N/A

Kirleticilerin ortadan kaldırılması gibi belirli faydalar, örneğin gölge fiyatlar kullanılarak ölçülebilir. Sel riskinin azaltılması gibi diğer faydalar ise kaçınılan maliyetlere göre değerlendirilebilir. Mal veya hizmetlerin (su, enerji biyokütlesi, CO2 eşdeğerlerinin tutulması vb.) sağlanmasından oluşan faydaların değerlemesi piyasa fiyatlarından elde edilebilir. Son olarak, parasal bir değer tanımlamanın özellikle zor olduğu geniş bir fayda grubu vardır. Bunlar arasında örneğin biyoçeşitlilik desteği, rekreasyon, eğlence, peyzaj iyileştirme, refah ve sosyalleşme yer almaktadır. Tüm bu "sosyo-ekolojik" faydalar belirli çalışmalarda ölçülmüş olabilir. İlk değerleme için, sayısallaştırılmış değerlerin orijinal bağlamdan başka bir bağlama aktarılmasına karar verilebilir (değer aktarımı yaklaşımı).

Tablo 6, çeşitli bağlamlarda seçilen faydalar/hizmetler için sayısallaştırılmış değerleri göstermektedir. Avrupa genelinde farklı NBS'ler için ekosistem hizmetlerinin değeri, orijinal bağlamdan diğer sahalara (çalışma sahaları) ([24]) olarak aktarılabilir:

$$VT^{PS}_{NBS,2018,€} = VT^{SS}_{NBS,2018,\$} \cdot \frac{GDP^{PS}_{2018}}{GDP^{SS}_{yearofVT}} \cdot c_{\$to\ €,2018}$$

Nered
e?

— $VT^{PS}_{NBS,i,2018,€}$ 2018'de ilgilenilen NBS için politika sahasındaki (PS) ekosistem hizmetinin € cinsinden ifade edilen değer transferidir.

— $VT^{SS}_{NBS,2018,\$}$ 2018'de ilgilenilen NBS için çalışma sahasındaki (SS) ekosistem hizmetinin $ cinsinden ifade edilen değer transferidir.

— GDP^{PS}_{2018} PS ülkesi için Satın Alma Gücü Paritesine (PPP) dayalı kişi başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)

— $GDP^{SS}_{yearofVT}$ SS ülkesi için SAGP başına GSYİH'dir

— $c_{\$to\ €,2018}$ 2018'de Dolar/Euro döviz kurudur, 0,87097 €/$'a eşittir[25]

TW ve genel olarak herhangi bir yerel NBS tek başına ele alındığında, genellikle "sosyo-ekolojik" ve diğer faydalar sınırlıdır ve yatırım kararını önemli ölçüde etkilemez. Örneğin San Rocco di Piegara'da (§ 2.1.1) durum böyleydi; burada yoğun bir hayvan çiftliğinin endüstriyel bağlamı, habitatın göreceli bolluğu, dolayısıyla DBS'nin sınırlı ek katkısı ve sahanın meyve vermesi için talep olmaması yan faydaları asgari düzeye indirmektedir. Bu durumlarda, maliyet etkinliği, daha düşük enerji kullanımı ve operasyonel basitliğin yanı sıra doğal süreçlerin istikrarı ve esnekliği temelinde genellikle bir NBS geleneksel bir "gri" çözüme tercih edilebilir. TW'nin bir faydası da, arıtma tesislerinin ekolojik, sosyal veya doğal açıdan hassas bir bağlamda yer alması halinde, bu tesislerin görsel etkilerini ve rahatsız ediciliğini tamponlamak olabilir. Örneğin, § 2.1.2'de açıklanan Mojkovac örneğinde, AAT'nin hemen yanında kamuya açık bir rekreasyon alanı uygulanmakta olup, sazlık yataklar

[24] Burada sunulan değer aktarımı yaklaşımı, Bresciani ve diğerleri (2021)tarafından hazırlanan raporda geliştirilmiş ve daha ayrıntılı olarak gösterilmiştir.
[25] https://it.exchange-rates.org/Rate/USD/EUR/31-12-2018

çamur stabilizasyonu için kullanılan tesisin görünümünü tarar. "Sosyo-ekolojik" faydalar ise tam tersine, nehir havzası gibi bir alan üzerinde dağıtılmış ve bağlantılı bir UBS sistemine baktığımızda çok önemli olabilir. Maliyetleri daha az çok işlevli veya "gri" alternatiflerin maliyetlerini aştığında, devlet tarafından bireysel özel NBS'lerin finanse edilmesinin gerekçesi genellikle budur.

Faydaların değerlendirilmesi esas olarak farklı senaryoları karşılaştırırken faydalı olabilir, ancak her zaman oldukça belirsiz ve bağlama bağlı olarak değerlendirilmelidir. Çoğu durumda, NBS'nin uygulanmasını destekleme kararı, yalnızca faydalanıcıların sayısı ve beklenen faydalar için tahmini ödeme istekliliklerine göre maliyetinin "makul" olması temelinde alınabilir. Örneğin La Notte ve diğerleri, 2021, Avrupa'nın çeşitli bölgelerinde "habitat ve türlerin korunması" ekosistem hizmetine atfedilen değeri tartışmaktadır.

Tablo 6. NBS tarafından sağlanan ekosistem hizmetlerinin değer transferi için gerekli değişken matrisi

Ekosistem hizmeti	Artışlar (↑) / Azalışlar (↓)	Çalışma sahası			NBS değer aktarımı (VT adım 3)												Birim
		Ülke	Yıl ES değerleme	Kişi başına GSYİH (SAGP) ES değerleme yılı	NBS A Islak. SSF	NBS A Islak. SF	NBS B Islak.	NBS B VDD	NBS B BS-R	NBS B BS-G	NBS B int. BS	NBS C Stor. Gölet	NBS C Stor. Gölet + Islak.	NBS C MAR gölet	NBS C MAR gölet + ıslak	NBS C MAR kuru gölet	NBS C MAR infiltr. Ahşap	
SU KAYNAKLARI	↑	İspanya	2004	26119.79								4396	4396	4396	4396	4396	4396	$/ha/yıl
		Polonya	2013	24719.25								807	807	807	807	807	807	$/ha/yıl
		İspanya	2004	26119.79						5470								$/ha/yıl
DOĞAL HABİTAT ve BİYOÇEŞİTLİLİK DESTEĞİ	↑	İspanya	2004	26119.79	179	286	321	179										$/ha/yıl
		BİRLEŞİK KRALLIK	2007	35600.01					29	29	32						29	$/ha/yıl
SU KALİTESİ	↑	Almanya	2001	28380.38	4111	4111	4111	4111					4111		4111			$/ha/yıl
		İspanya	2004	26119.79	2121	2121	2121	2121					2121		2121			$/ha/yıl
		ABD	1998	32853.68					59	107	107							$/ha/yıl
KARBON TUTMA	↑	ABD	2008	48382.56	140	140	140	100					140		140			$/ha/yıl
		BİRLEŞİK KRALLIK	2007	35600.01					1974	1974	1974						1974	$/ha/yıl
SEL RİSKİ	↑	Danimarka	2000	28662.09		83	133	83				133	133	133	133			$/ha/yıl
		İspanya	2004	26119.79							222							$/ha/yıl
NÜFUZU AZALTIN (KORKULAR, DEDİKODULAR, ORTAK FAALİYETLERİN ÖNÜNDEKİ ENGELLER ÇİFTÇILIK UYGULAMALARI)	↓	Belçika	2008	37883.33	4720	4720	2622	2622				2622	2622	2622	2622			$/ev/yıl
		Belçika	2008	37883.33														$/ev/yıl
REKREASYON ve TURİZM	↑	İspanya	2004	26119.79			4003	2224				2224	2224	2224	2224			$/ha/yıl
		Danimarka	2000	28662.09			5											$/kişi/ziyaret
		İspanya	2007	32438.17			3											$/kişi/ziyaret
		İspanya	2004	26119.79					3901	3901	3901						2167	$/ha/yıl
GÖRSEL ETKİ/AMENİTE ve ESTETİK	↑	İspanya	2004	26119.79			2252	1408				1408	1408	1408	1408			$/ha/yıl
		BİRLEŞİK KRALLIK	2007	35600.01						1606							1147	$/ha/yıl
FARKINDALIK/EĞITIM	↑	Yunanistan	2003	23870.16			9											$/kişi/ziyaret
		Kanada	1983	46723.32						10							7	$/kişi/ziyaret

3.4 Yönetişim ve iş modelleri

Yerel ölçekte ve esas olarak bir operatörün inisiyatifini takip eden NBS için, aşağıda tartışılan TW örnekleri gibi §2.1e göre, iş modeli herhangi bir endüstriyel yatırımınkine benzer: bir NBS maliyetlerin azaltılmasını veya önlenmesini sağlayabilir, dolayısıyla operasyonun sürdürülebilirliğini veya karlılığını artırabilir. Saz yatakları söz konusu olduğunda, çamur yönetiminin basitleştirilmesi önemlidir. Ayrıca, sazlıkların kazılmasından elde edilen biyokatıların birkaç yıl sonra olası bir ek gelirle geri kazanılması mümkündür ([26]. Ancak bu husus, NBS'nin geleneksel "gri" çözümlere göre genel avantajlarıyla karşılaştırıldığında normalde oldukça marjinaldir.

Operatörün inisiyatifindeki küçük ölçekli UBS için sosyal, ekolojik ve peyzaj faydaları genellikle yatırımcının odak noktası değildir, bu nedenle daha çok işlevli UBS'yi desteklemek için ek mekanizmalar öngörülmelidir.

Bir yatırım bir tür çevresel değerlendirmeye tabi tutulduğunda ve/veya duruma özgü koşullar belirleyen ihtiyari bir izin gerektirdiğinde (örneğin, bir çevresel etki değerlendirmesi ([27]), "Habitat direktifi "ne ([28] tabi alanlardaki plan ve projelerin etkilerinin değerlendirilmesi, Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ([29] kapsamında bir izin veya bir planlama izni prosedürü), NBS'nin tasarım ve işletme sırasında bu hususları dikkate almasını öngörmek mümkündür. Örneğin, bir sazlık, bitki örtüsünün biyoçeşitliliği destekleyen bir şekilde yönetilmesi koşuluyla onaylanabilir veya su depolamak için bir gölete uygun bir kıyı tasarımı koşuluyla izin verilebilir. Geri kalanı için, normalde bu NBS'lerin paydaşlar veya kamu tarafından ödenmeye değer ekosistem hizmetleri sağlamasını beklemiyoruz. UBS'nin gerekli olduğu faaliyette kamu yararı söz konusu olduğunda, kamu fonları da mevcut olabilir. Ancak bu fonlar UBS'yi desteklemek amacıyla kullanılmamalıdır. Örnek olarak, yine sulama göletler, bir bölgede tarımı desteklemek adına kırsal kalkınma planları tarafından desteklenebilir ve bu bağlamda uygun çevre düzenlemesinin ekstra maliyetleri hesaba katılabilir, ancak göletleri esas olarak biyolojik çeşitliliği desteklemenin bir yolu olarak finanse etmek için muhtemelen sınırlı bir kapsam olacaktır.

Bireysel, küçük ölçekli müdahalelerin aksine, bir havza, peyzaj gibi bir bölgenin tamamına yayılmış müdahaleler sistemi olarak tasarlanan UBS için sosyal ve ekolojik faydalar iç içe geçmiş ve karşılaştırılabilir öneme sahip olabilir. Bu durumlarda, genellikle müdahalelerin ilk maliyetlerini karşılayan birincil bir bütçe vardır, ancak paydaşların daha geniş bir katılımı için kapsam vardır. Örneğin, Venedik lagünü örneğinde (§2.2) tampon şeritler ve göletler başlangıçta besin kirliliğini azaltmak hükümet tarafından finanse edilmiştir. Ancak, bazı müdahaleler prensipte taşkın risklerinin yönetimi için de önlem olarak nitelendirilebilir ve dolayısıyla ilgili bütçelerden finansman alabilir. Son , peyzajın bu doğal unsurları boyunca rekreasyonel parkurların geliştirilmesi, turizm ve doğa koruma bütçelerinden de fon çekebilir. Önemli bir örnek olarak, Salzano sulak alanında (sulak alanın yaratılmasıyla geniş bir biyolojik çeşitliliğe ev sahipliği yapabilecek çeşitlendirilmiş bir su ortamının geliştirildiği eski bir kil ocağı), şu anda NAPEA (Associazioni per il Presidio e l'Educazione Ambientale) adlı bir grup çevre derneği tarafından yönetilen Topluluk Önemine Sahip Alan ilan edilmiştir. Venedik lagünündeki NBS'nin mevcut iş modeli (**Tablo 7**) tek bir finansman hattına dayanmakla birlikte, alan, diğer paydaşları da dahil maliyetleri karşılayabilecek alternatif bir iş modelinin geliştirilmesine elverişlidir ve özel durumda kişi başına yılda yaklaşık 20 ila 30 avro arasında bir katkı sağlayacaktır.

Finansman kaynağına bakılmaksızın, NBS'nin maliyetlerini karşılayacak fonların düzenli olarak mevcut olması, bunların etkili bir şekilde kullanılmasının anahtarıdır. Venedik lagününde uygulanan iş modeli, Drenaj Kurumu "Consorzio di Bonifica delle Acque Risorgive "nin uygun teknik yeteneklere ve geniş bir dizi yaygın müdahaleyi organize etme, koordine etme ve optimize etme kapasitesine sahip olduğu bir "merkezi yönetişim" örneğidir.

Bu, NBS'nin özel araziler üzerinde inşası ve bakımının doğrudan çiftçilere sübvansiyon verilerek finanse edildiği en yaygın modelden farklıdır ("yaygın yönetişim" olarak adlandırılabilir). Yaygın yönetişime bir örnek olarak, çiftçilerin çeşitli faydalar sağlayan iki aşamalı drenaj kanallarını uygulamak için sübvansiyon alabildiği Ritobäcken vaka çalışması (§2.3)([30] verilebilir. Ürün büyümesi ve gelir seviyeleri açısından uzun vadede olası faydalarına rağmen, mevcut ve nispeten düşük seviyedeki sübvansiyonlar ve diğer idari ve pratik engellerin varlığı, çiftçilerin genellikle geleneksel tarama yöntemlerini tercih etmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda,

---

[26] Bkz. Potokar vd., 2020a ve Potokar vd., 2020b.
[27] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0092&from=EN
[28] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31992L0043&from=EN
[29] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN
[30] Aşağıdaki metin kısmen Västilä ve , https://www.mdpi.com/2071-1050/13/16/9349/htm 2021: adresinden CC-BY lisansı altında yeniden kullanılmıştır,

Uygun ve istikrarlı bir sübvansiyon seviyesinin yanında, kamu idaresinin NBS'yi desteklemesini ve doğru uygulamayı zorunlu kılmak da dahil olmak üzere NBS'nin benimsenmesini kolaylaştırmasını sağlamak önemli olacaktır.

Tablo 7. Venedik Lagünü Venedik Lagünü vaka çalışmasının İş Modeli. Tüm ayrıntılar için Borsacchi ve diğerleri, 2021b'ye bakınız.

<table>
<tr><td colspan="5">Düzenleyici Çerçeve
Venedik Lagünü Master Planı (VLMP), Venedik Lagünü'nün çevresel durumunu iyileştirmek için uzun vadeli bir strateji tasarlamaktadır. Planlanan eylemler arasında VLMP, NBS'yi yaygın kirlilik sorununu ele almak için bir çözüm olarak tanımlamaktadır. VLMP, NBS'nin uygulanması için tutarlı ulusal fonlar tahsis etmektedir.</td></tr>
<tr><td>Kilit Faaliyetler</td><td>Anahtar Kaynaklar</td><td>Değer Önerisi</td><td>Kilit Ortaklar</td><td>Kilit Faydalanıcılar</td></tr>
<tr><td>1. Arazi edinimi; 2. NBS'nin tasarımı ve gerçekleştirilmesi (bazıları rekreasyonel ve eğitim faaliyeti); 3. NBS'nin bakımı ve su kalitesi izleme;
4. Consorzio Acque Risorgive ve diğer kuruluşlar tarafından çevre eğitimi ve yaygınlaştırma için etkinlikler ve projeler düzenlenmesi; 5. NBS performansı üzerine araştırma ve sonuçların yaygınlaştırılması</td><td>1. "Kolektif" faydalar için kullanılabilir arazi (muhtemelen kamunun erişimine açık); 2. VLMP aracılığıyla özel fonlar; 3. Dahili
Doğa kaynaklı yayılı kirlilik konusunda teknik uzmanlık ve beceriler
tasarım, gerçekleştirme ve bakım dahil olmak üzere kontrol çözümleri.</td><td>Çevresel
Venedik Lagünü'nün çevresel koşullarını iyileştirmek için yayılı kirliliğin önlenmesi; drenaj ağının su kalitesinin iyileştirilmesi; biyoçeşitliliğin desteklenmesi (yeni su ve ağaçlık habitatlar).
Sosyal
Bölgedeki sel olaylarının sıklığının ve yoğunluğunun azaltılması; vatandaşların su kirliliği ve çevre konularında bilinçlendirilmesi; bölge sakinleri ve ziyaretçiler için cazip rekreasyon alanlarının oluşturulması ve estetik açıdan iyileştirilmesi.
Ekonomik
NBS'nin tasarımı, gerçekleştirilmesi ve bakımı için yeni işler yaratılmıştır. Her neyse, bugün bu husus hala ihmal edilebilir düzeydedir. Gelecekte, NBS bölgenin iş için cazibesini artırabilir ve emlak fiyatlarında ve ilgili vergilerde artışa yol açabilir.
Takas
Kamulaştırma zorlukları; istilacı türlerin yayılması; uygulama aşamalarında gürültü kirliliği.</td><td>İtalyan hükümeti (ana fon sağlayıcı), Veneto Bölgesi, Consorzio Acque Risorgive, Çevre Dernekler ve yerel STK'lar (Çiftçiler, Belediyeler için küçük rol)</td><td>Venedik Lagünü, okullar ve çevre STK'ları da dahil olmak üzere yerel topluluklar; sınırlı bir şekilde çiftçiler (sel riski)</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Yönetişim
Venedik Lagünü Master Planı tarafından tasarlanan düzenleyici çerçeve, Drenaj İdaresi'nin bir Kamu Hizmeti olarak çalışan modelde yeni bir kilit rol oynamasına izin vermektedir: geleneksel sulama ve drenaj hizmetlerine ek olarak, bir kamu hizmeti hizmeti sunmakta, dağınık su kirliliğinin iyileştirilmesi hizmetini sağlamaktadır. Belediyeler ve STK'lar da bazı bölgelerdeki rekreasyon faaliyetlerini yöneterek ve ilgili tesisleri koruyarak sürece dahil olmaktadır. Yönetişim modeli şu şekilde olabilir
"Ağ hükümeti" olarak sınıflandırılmıştır</td></tr>
<tr><td colspan="2">Maliyet Yapısı</td><td>Maliyet Azaltma</td><td colspan="2">Değer Yakalama</td></tr>
<tr><td colspan="2">NBS İşletme ve Bakım maliyetleri (sulak alan için 5 bin euro/yıl, tampon şeritler için 2 bin euro/yıl) üyelerinin ek katkısı olmaksızın Drenaj İdaresi tarafından kendi bütçesinden karşılanmaktadır. Rekreasyon faaliyetlerinde bulunan STK, patikaların, tabelaların, kitapçıkların, ... bakımı için yılda 6 bin euro harcamaktadır.</td><td>STK'ların gönüllü emeği, değer önerisinde yer alan sosyal faydaların çoğunun sağlanmasına olanak tanır</td><td colspan="2">NBS tarafından doğrudan gelir elde edilememiştir. En önemli dolaylı değerler şunlardır: yaygın kirlilik kontrolü, taşkın koruma, biyoçeşitliliğe destek, rekreasyon, farkındalık ve eğitim</td></tr>
<tr><td colspan="2">CAPEX Maliyetleri</td><td colspan="3">Sermaye Yatırımının Kaynağı</td></tr>
<tr><td colspan="2">Toplam yatırımın yaklaşık 4 milyon euro (2018 euro olarak yeniden değerlendirilmiştir) olduğu tahmin edilmektedir: 2 sulak alan için yatırım 3,7 milyon (2018 euro), tampon şeritler için 300.000 euro</td><td colspan="3">İtalyan Hükümeti tarafından finanse edilen ve 2000 yılında yürürlüğe giren Venedik Lagünü Master Planı - "Venedik Lagünü'nün drenaj havzalarında yaygın kirliliğin önlenmesi ve suyun restorasyonu için plan" aracılığıyla Veneto Bölgesi tarafından yönetilen toplam sermaye yatırımı.</td></tr>
</table>

"Yaygın " dayalı bir sistem, çiftçilerin çalışma zamanına başvurulması sayesinde muhtemelen NBS'nin parametrik maliyetlerinin (hem sermaye hem de İşletme ve Bakım) azaltılmasını sağlayacaktır. Bununla birlikte, kirletici giderimi ve diğer bazı faydalar açısından etkinlik son derece belirsiz olacaktır. Örneğin, önemli bir giderim kapasitesi elde etmek için tampon şeritlerin dikkatli bir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Consorzio Acque Risorgive'in teknik personelinin deneyimlerine göre, tampon şeritlerin uygulanması için sübvanse edilen çiftçiler, çevresel faydaları en üst düzeye çıkarmaktan ziyade tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla bu şeritleri yerleştirmektedir. "Merkezi yönetişim" sistemi, çevresel faydaların etkinliğini "yaygın yönetişim" sisteminden çok fazla güvence altına alabilir. Ayrıca, Consorzio Acque Risorgive tarafından NBS'nin inşa edildiği arazinin kamu mülkiyetine geçirilmesi için kullanılan yaklaşım, uzun vadede söz konusu alanların tahsislerinin değişmemesini ve rekreasyonel amaçlar gibi diğer amaçlar için tamamen kullanılabilmesini garanti altına almaktadır.

İtalya'daki Consorzi di Bonifica ve diğer Avrupa ülkelerindeki benzer kuruluşlar, kırsal alanlardaki ikincil hidrografik ağın yönetiminden sorumludur. Bazen bu kuruluşlar, Hollanda'daki su kurulları örneğinde olduğu gibi daha geniş bir yönetim yetkisiyle görevlendirilmiştir([31]). Venedik Lagünü vaka çalışmasında olduğu gibi Consorzi di Bonifica'nın faaliyetlerini için, yetki ve finansman mekanizmalarını güçlendirmek ve NBS ve diğer çok işlevli çözümler yoluyla su yönetimine modern yaklaşımlara aşina, yeterli vasıflı personel sağlamak önemli olacaktır. Benzer hususlar diğer Avrupa bağlamlarında da geçerli olabilir.

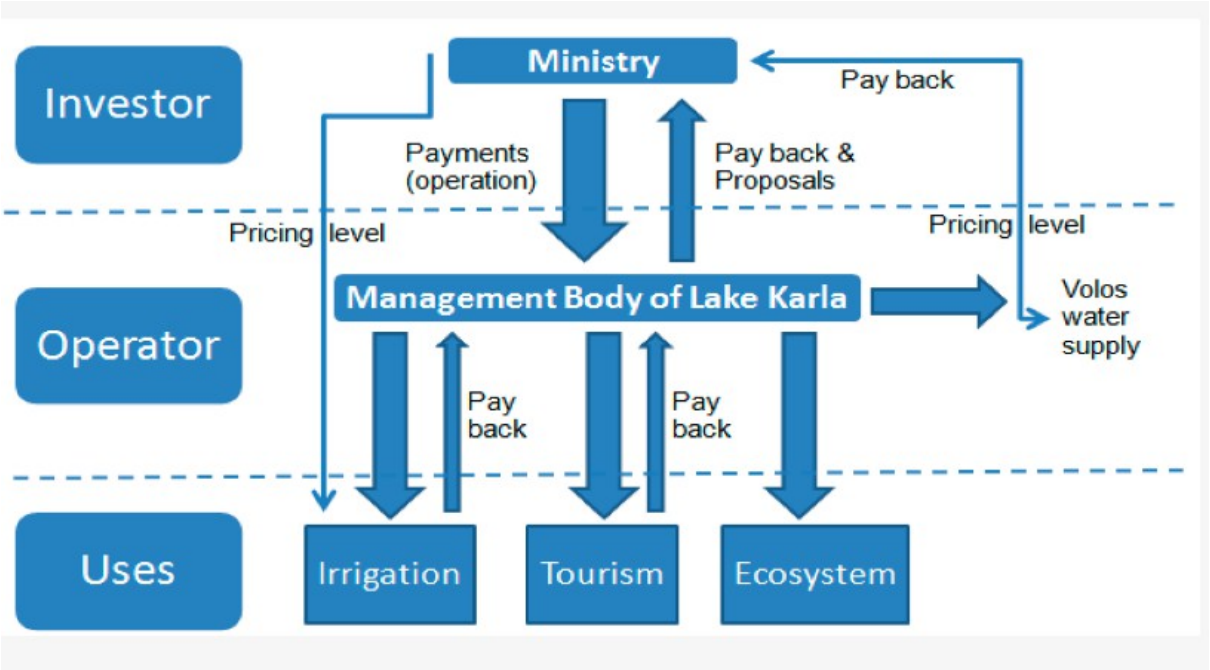
Öte yandan, "merkezi yönetişimden" sorumlu makam, yeterli teknik uzmanlığın görevlendirilmesi de dahil olmak üzere, NBS'yi kendi çalışma yöntemlerine entegre etmeye kararlı olmad, tampon şeritlerin kullanıldığı Latina eyaletindeki vaka çalışmasında gösterildiği gibi sonuçlar hayal kırıklığı yaratabilir.

31 https://dutchwaterauthorities.com/wp-content/uploads/2021/05/The-Dutch-water-authority-model.pdf

sel tehlikeleri dikkate alınmadan uygulanmış ve nihayetinde herhangi bir fayda sağlanmadan sökülmüş ve terk edilmiştir.

Bazı yatırımlar, önemli yan faydaların değerine göre finanse edilebilir. Örneğin, Alman Orta Dağları'nda analiz edilen toprak tutma kapasitesinin restorasyonu, sera gazı tutma açısından önemli bir fayda sağlamaktadır ve bu nedenle, AB ETS gibi gönüllü veya potansiyel olarak zorunlu bir emisyon ticaret sistemine yatırım yapmak için uygun [32]. Bu amaçla, karbon tutma kredilerinin sertifikalandırılması kritik bir husustur.

Merkezi bir yönetişim modelinin vazgeçilmez olduğunun kanıtlandığı bir örnek, büyük kamu yatırımlarının kaçınılmaz olduğu ve çoklu faydaların ancak su kütlesinin çok işlevli bir yönetiminden Karla gölü restorasyon projesidir (§2.4.2). Bu özel durumda, sulama için suyun değeri yüksektir ancak çiftçiler mevcut tarımsal üretim koşullarında maliyetin tamamını . Ekosistemin korunması ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi de dahil olmak üzere diğer faydalar, maliyet açığının kapatılmasını fazlasıyla haklı çıkarabilir ve bazı durumlarda parasal gelirler de getirebilir (örneğin turizm). Ancak, büyük bir kamu finansmanının yokluğunda böyle bir projeyi başlatabilecek ve yönetebilecek tek bir paydaş grubu yoktur. Merkezi yönetişim modeli, paydaşların toplam maliyetin sadece (sınırlı) bir kısmını ödeyebildiği durumlarda uygundur (**Şekil 31**).



Şekil 31. Karla Gölü'nün işletilmesi için önerilen bir yönetişim şeması. Tüm ayrıntılar için bkz Panagopoulos ve Dimitriou, 2020.

Lamone havzası vaka çalışmasında "karma yönetişim" modeli incelenmiştir; burada Staccione ve diğerleri, 2021, bireysel çiftçilerin kendi sulama göletleri için ödeme yaptığı bir mekanizma kurmak için çeşitli olasılıkları incelemekte, bir "merkezi yönetişim" organı, göletlerin doğa korumayı destekleyici hale getirilmesi için ekstra maliyetleri karşılamak üzere arazi takasları ve kentsel gelişimden elde edilen mali gelirler de dahil olmak üzere farklı olası şekillerde ödemeler veya tazminatlar almalarını sağlamaktadır. Benzer değerlendirmeler, Venedik Lagünü vaka çalışmasında kent sakinlerinin rekreasyon ve peyzaj iyileştirmesine uygun NBS'nin geliştirilmesi için katkı payı ödemeleri olasılığı ile ilgili olarak da yapılmıştır.

[32] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en

4 Sonuçlar

Doğa temelli çözümler, tarımda kirlilik ve su mevcudiyeti sorunlarının ele alınmasına yardımcı olabilir. Kolayca uygulanabilecek aşağıdaki köklü NBS türlerini inceledik:

1) Fazla gübrenin arıtılması ve tarımda uygulama öncesi çamur stabilizasyonu;
2) Besin maddelerinin ve diğer kirleticilerin tutulması ve uzaklaştırılması için tampon şeritler ve havuzlar;
3) Suyun ve kirleticilerin akarsu içinde daha iyi tutulması için iki aşamalı kanallar (TSC);
4) Göletler, göl restorasyonu ve su mevcudiyetini artıran gelişmiş toprak tutma.

Bu NBS, bir dizi ek ekosistem hizmeti sunarken birincil bir ihtiyacı (kirlilik kontrolü veya su depolama) karşılamada etkili olabilir. Bazı durumlarda "gri" alternatiflerinden daha ucuz olabilirken, diğer durumlarda çoklu faydalarından yararlanmak için ekstra yatırım gerektirebilirler. Karar genellikle sadece her bir vakanın özel koşullarına bakılarak verilebilse de, çoğu zaman ek faydalar ekstra maliyetleri aşabilir. Dolayısıyla, bu NBS'ler birçok durumda uygulanabilir ve genellikle tercih edilebilir bir seçenek olarak görülebilir. Bu nedenle, mümkün olan her durumda uygulanmalıdırlar.

NBS'nin kapsamlı bir şekilde uygulanmasını sağlamak için uygun bir "iş modeli" tanımlamak çok önemlidir: kim ne yapar ve kim ne için, kime ödeme yapar. Arıtma sulak alanları veya göletler gibi küçük ölçekli önlemler, alternatiflerinden daha ucuz oldukları için kendi kendini idame ettiren yatırımlar olabilir. Kirlilik kontrolü için tampon şeritler ve göletlerin yanı sıra TSC, genellikle çiftçiler için sadece bir maliyettir ve genellikle çiftçilerin kendileri tarafından uygulanması için sübvansiyonlar gerektirir. Bazı durumlarda, NBS için izin veya onay prosedürleri olabilir (örneğin su depolama havuzları). Bu durumlarda yetkili makamlar, ekolojik ve diğer işlevlerini en üst düzeye çıkarmak için NBS'nin uygulanma şekline ilişkin reçeteler verebilir (örneğin, biyolojik çeşitliliği desteklemek için göletlerin kıyı eğimlerinin hafif bir eğime sahip olmasını gerektirir). Bu tür reçeteler duruma sübvansiyonların tamamlayıcısı veya alternatifi olabilir.

Alternatif olarak, bu UBS, bu çözümleri uygulamak için kaybettikleri arazi için bir tazminat alabilecek çiftçiler adına su kurulu veya "Consorzio di bonifica" teknik bir otorite tarafından uygulanabilir. Bu yaklaşımın avantajı, teknik bir otoritenin müdahaleleri optimize etme olasılığıdır; çiftçiler ise önlemleri etkili bir şekilde uygulamaktan ziyade faaliyetlerine müdahaleleri en aza indirmek amacıyla uygulama eğiliminde olabilirler (örneğin, traktörlerin ve diğer makinelerin çalışmasını kolaylaştırmak için tampon şeritleri yüzey akışını tam olarak engellemeyecek şekilde yerleştirmek). Bununla birlikte, teknik yetkilinin NBS'yi ve bunların temel görevleri bağlamındaki uygulamalarını iyi anlaması önemlidir. NBS ara sıra geliştirildiğinde, önemli hedefleri takip etmekte ve dolayısıyla düzenli bir uygulama haline gelmekte başarısız olabilir. Örneğin bir vakada, tampon şeritlerin kirlilik kontrolü için etkili olmalarının yanı sıra sel tehlikeleriyle uyumlu olarak tasarlanmamaları görevden alınmalarına yol açmıştır.

Bazı durumlarda, büyük faydaları harekete geçirebilecek ancak tek bir paydaş grubu tarafından desteklenemeyecek yatırımları mümkün kılmak için "merkezi bir yönetişim" modeli vazgeçilmezdir. Örneğin, 1960'lı yıllarda bir arazi projesine konu olan eski Karla Gölü'nün, önemli bir ekolojik işlevi koruyan yönetilen bir rezervuar şeklinde restorasyonu, belediye ve sulama suyu temini, taşkın kontrolü ve ekosistem hizmetlerinin sağlanması için hükümet desteği gerektirmiştir. Diğer durumlarda, Kyll nehir havzasındaki bataklıkların restorasyonu örneğinde görüldüğü gibi, sadece yönetim kurallarının değiştirilmesi nispeten düşük maliyetlerle büyük faydalar sağlayabilir ve toprağın su tutmasını artırabilir.

Her halükarda, NBS'nin geliştirilmesi ve yönetimi düzenli finansman sağlamak, zaman içinde çalışmasını ve peyzajın iyileştirilmesinde etkili bir araç olmasını sağlamak açısından önemlidir. Finansman, açık bir genel fayda olduğunda kamu bütçesinden (örneğin Ortak Tarım Politikası veya diğer fonlar) veya yerel paydaşlara (sakinler, turistler vb.) fayda sağladığında tarifeler veya vergiler gibi özel ödeme mekanizmalarından gelebilir. Bazı durumlarda, NBS tarafından sunulan kamu yararına hizmetler karşılığında kentsel gelişim için ödenen vergilerin kullanılması gibi telafi edici mekanizmaların düşünülmesi mümkün olabilir.

Referanslar

Bresciani, Riccardo, Giulio Conte, Nicola Martinuzzi, Fabio Masi, Andrea Nardini, Anacleto Rizzo. Tarımsal bölgelerde iklim değişikliğine uyum ve su kirliliği için doğa temelli çözümler: sonuçların sentezini ve yaygınlaştırılmasını destekleyen hizmetler. Nihai rapor (teslim edilebilir D2), 21 Mayıs 2021. Pistocchi, 2022'ye ek olarak sunulmuştur (doi:10.2760/822671).

Borsacchi, Leonardo, Riccardo Bresciani, Giulio Conte, Alessandro de Carli, Fabio Masi, Anacleto Rizzo. Tarımsal bölgelerde iklim değişikliğine uyum ve su kirliliği için doğa temelli çözümler - Lot 2: Karasal ortamda çamur ve gübrenin arıtılması, 2021a. https://water.jrc.ec.europa.eu/nbs.html adresinde mevcuttur.

Borsacchi, Leonardo, Bruno Boz, Riccardo Bresciani, Giulio Conte, Alessandro de Carli, Fabio Masi, Anacleto Rizzo. Tarımsal bölgelerde iklim değişikliğine uyum ve su kirliliği için doğa temelli çözümler. Lot 5: kıtasal ortamda yaygın kirlilik kontrolü için peyzaj unsurları, 2021b. https://water.jrc.ec.europa.eu/nbs.html adresinde mevcuttur.

Borsacchi, Leonardo, Riccardo Bresciani, Flavio Camerata, Giulio Conte, Alessandro de Carli, Fabio Masi, Stefano Magaudda, Anacleto Rizzo. Tarımsal bölgelerde iklim değişikliğine uyum ve su kirliliği için doğa temelli çözümler. Lot 6: Akdeniz ortamında yaygın kirlilik kontrolü için peyzaj unsurları, 2021c. https://water.jrc.ec.europa.eu/nbs.html adresinde mevcuttur.

Dotro, G., Langergraber, G., Molle, P., Nivala, J., Puigagut, J., Stein, O., von Sperling, M., Treatment Wetlands. IWA Yayıncılık, 2017. https://doi.org/10.2166/9781780408774

Gumiero ve diğerleri, 2011: Gumiero, B., Boz, B., Cornelio, P., & Casella, S. (2011). Yeni ağaçlandırılmış, sulak bir nehir kıyısı tamponunda sığ yeraltı suyu azotu ve denitrifikasyon. Journal of Applied Ecology, 48(5), 1135-1144.

La Notte A., Ferrini S., Pisani D., Grilli G. Grammatikopoulou I., Badura T., Vallecillo S., Turner K., Maes J., Avrupalılar biyoçeşitliliğe ne kadar değer veriyor? "Habitat ve türlerin korunması" ekosistem hizmetini tahmin etmek için bir seçim deneyi çalışması, EUR 30953 TR, Avrupa Birliği Yayın Ofisi, Lüksemburg, 2021, ISBN 978-92-76-46351-1, doi:10.2760/927786, JRC127797

Langergraber, G., Dotro, G., Nivala, J., Rizzo, A., Stein, O.R. (eds), Sulak Alan Teknolojisi: Arıtma Sulak Alanlarının Tasarımı ve Uygulaması Hakkında Pratik Bilgiler. IWA Yayıncılık, 2020. https://doi.org/10.2166/9781789060171

Lorenzo, Yurena, Jos de Bijl, Maarten Waterloo, Anouk Gevaert, Rob Nieuwkamer, Lena Vitzthum, Olaf de Haan. Taşkın riskleri, kuraklık kontrolü, biyoçeşitlilik restorasyonu ve iklim zorlukları için doğa temelli bir çözüm olarak Ren havzasında doğal tutma. Sözleşme Numarası: 939651-IPR-2020.1. Teknik Rapor, 2021

Panagopoulos, Y.; Dimitriou, E. Sürdürülebilir Su Yönetimi için Tarımda Büyük Ölçekli Doğa Tabanlı Bir Çözüm: Karla Gölü Vakası. *Sürdürülebilirlik* 2020, *12*, 6761. https://doi.org/10.3390/su12176761

Pistocchi, A., Husemann, J., Masi, F., Nanu, C., (eds.) Tuna bölgesinde atık su arıtımı: fırsatlar ve zorluklar. Bir "sentez merkezleri" çalışmasından çıkarılan dersler. Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, 2022, EUR 30106 TR. ISBN 978-92-76-16429-6, doi 10.2760/220413, PUBSY No. JRC115606

Pistocchi, A., Avrupa'da tarımsal su yönetimi için doğa temelli çözümlerin uygulanmasına yönelik uygunluğun haritalandırılması. Kısıtlamalar, talep, etkinlik ve maliyetler. EUR 31331 TR, Avrupa Birliği Yayınlar Ofisi, Lüksemburg, 2022, ISBN 978-92-76-60171-5, doi:10.2760/822671, JRC131469

Potokar, Anja, Alenka Mubi Zalaznik, Tea Erjavec, Ursa Brodnik, Gregor Plestenjak, Martin Vrhovšek, Ivan Kolev, Cveta Dimitrova, Carlos A. Arias. Tarımda Doğa Temelli Çözümler - Lot 1: İskandinav veya alpin bir ortamda atık su çamurunun veya çiftlik hayvanlarından elde edilen gübrenin arıtılması. 2020a. https://water.jrc.ec.europa.eu/nbs.html adresinde mevcuttur.

Potokar, Anja, Urša Brodnik, Alenka Mubi Zalaznik, Tea Erjavec, Ursa Brodnik, Gregor Plestenjak, Martin Vrhovšek, Alenka Fajs, Ivan Kolev, Cveta Dimitrova, Carlos A. Arias, Pedro Carvalho. Tarımda Doğa Temelli Çözümler
- Lot 3: Akdeniz ortamında çiftlik hayvanlarından kaynaklanan atık su çamurunun veya gübrenin arıtılması. 2020b. https://water.jrc.ec.europa.eu/nbs.html adresinde mevcuttur.

Staccione, A., Broccoli, D., Mazzoli, P., Bagli, S., Mysiak, J., Tarımda su yönetimi için doğal su tutma havuzları: Kuzey İtalya'da potansiyel bir senaryo, Çevre Yönetimi Dergisi, Cilt 292, 2021, 112849, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112849.

Västilä, K.; Väisänen, S.; Koskiaho, J.; Lehtoranta, V.; Karttunen, K.; Kuussaari, M.; Järvelä, J.; Koikkalainen, K. İki Aşamalı Kanallar Kullanılarak Tarımsal Su Yönetimi: Kuzey Avrupa Deneyimlerine Dayalı Performans ve Politika Önerileri. *Sustainability* 2021, *13*, 9349. https://doi.org/10.3390/su13169349

Şekillerin listesi

Şekil 1. Serbest yüzeyli (A), yüzey altı yatay (B) ve dikey inşa edilmiş sulak alanların kesitleri (C) akış. Kaynak: IRIDRA srl tarafından yapılan orijinal sanat çalışması, Pistocchi ve diğerleri, 2020 8

Şekil 2. Bölgenin tepelik manzarasında San Rocco di Piegara'daki arıtma sulak alanından bir görünüm.....9

Şekil 3. San Rocco di Piegara örnek olayında gübre yönetimi akış diyagramı.....10

Şekil 4. Kastelir Atıksu Arıtma Tesisi Kastelir Atıksu Arıtma Tesisi'nin havadan çekilmiş fotoğrafı ve arıtma aşamalarının gösterimi 11

Şekil 5. Mojkovac Atıksu Arıtma Tesisi Mojkovac AAT'nin RB'lerin kurulumundan önce (solda) ve sonra (sağda) havadan çekilmiş resmi, Google 'denMaps™.....12

Şekil 6. Avusturya'nın Mayıs 2015'te Avusturya'nın Dellach am Drautal Atıksu Arıtma Tesisi'ndeki kamış yatakları - vejetasyon başlangıcımevsiminin 13

Şekil 7. Yukarıda: Rusteghin sulak alanının plan görünümü ve havzadaki konumu. Aşağıda: bir görünümüsulak alanın 15

Şekil 8. Yukarıda: Salzano taş ocağı içinde inşa edilen Salzano sulak alanının plan görünümü: ağaçlık alan koyu yeşil alanı noktalar); bitki örtülü serbest su yüzeyi (SYS) (açık yeşil noktalar); mavi renkte açık su SYS alanı. Aşağıda: bir görünümüsulak alanın 16

Şekil 9. Scandolara tampon şeridinin Scandolara tampon şeridinin açıklayıcı tasarımı 17

Şekil 10. Restorasyon projesinden 3 yıl sonra Scandolara tampon şeridinin genel ve ayrıntılı görünümleri. 17

Şekil 11. NICOLAS nehir kıyısı tampon alanının gelişimini gösteren görüntü dizisi 18

Şekil 12. NICOLAS sahası içindeki 30 m genişliğindeki deneysel alt sahanın planı (yukarıda) ve kesiti (aşağıda): her bir parsel Zero nehrinden su taşıyan bir sulama hendeğinden sulanmaktadır. Toprak izin vererek yapısı, sulama (GİRİŞ) ve drenaj hendeği (ÇIKIŞ) arasında yükseklik farkına bir neden hendekleriağaçlık tampon şeritler boyunca akan yüzey altı su akışına (Gumiero ve ark., 2011'den değiştirilmiştir) 19

Şekil 13. Villa Fogliano Villa Fogliano'nun işlevsel şeması İnşa edilmiş sulak alanlar.....20

Şekil 14. A Havzası Havza A (Kaynak: LIFE+ REWETLAND).....21

Şekil 15. B Havzası Havza B (Kaynak: LIFE+ REWETLAND).....21

Şekil 16. C Havzası C Havzası (Kaynak: LIFE+ REWETLAND) 22

Şekil 17. Marina di Latina Marina di Latina Lineer Parkı'nın işlevsel şeması.....22

Şekil 18. HF (Kaynak: LIFE+ REWETLAND) HF (Kaynak: LIFE+ REWETLAND) 23

Şekil 19. FWS (Kaynak: LIFE+ REWETLAND) FWS (Kaynak: LIFE+ REWETLAND) 23

Şekil 20. Allacciante Astura Kanalının Allacciante Astura Kanalının Tampon Şeridi (solda) ve kendi kendini arıtma iyileştirmesi Selcella Kanalının (sağda). Tarımsal bağlamın oldukça yapay olduğu açıktır ve tampon şeritler, destekleme potansiyeli ile şu anda neredeyse tamamen eksik olan peyzaj unsurlarını ekleyebilirdibiyolojik çeşitliliği 24

Şekil 21.Üstte: Allacciante Astura kanalının kıyıları: tampon şeritler neredeyse tamamen yok olmuştur. Aşağıda: Selcella kanalının sağ kıyısı (resimde solda): sadece orijinal çalıları resim de)tampon şeridin hala görülebilmektedir (Ocak 2020'çekilmiştir.....25

Şekil 22. Ritobäcken çalışma alanı 27

Şekil 23. TSC tasarımının özellikleri. Västilä ve diğerleri, 2021'den. CAP-AESTarımsal Çevre anlamına gelir, AB'nin Ortak Tarım Politikası kapsamındaki Programları 26

Şekil 24. Vaka çalışmasındaki bir TSC örneği 28

Şekil 25. Yukarıda: Lamone havzasında sulama için kullanılan suyun depolanması için bir gölet örneği. Aşağıda: sağlamayı geliştirmek için daha hafif eğimli kıyılarla tasarlanmış bir göletin örnek kesitihabitat 30

Şekil 26. Karla Gölü havzası da dahil olmak üzere tarımsal Pinios nehir havzası ve Yunanistan'daki konumu 31

Şekil 27. Karla Gölü'nün doğu da içeren Karla Gölü'nün çevresinin doğu kısmından panoramik bir görünümSoldaki setini ve sağdaki iki kuş yuvalama adasını 32

Şekil 28. yılları arasında Ren Nehri'nin Hollanda'daki bir kolunda drenaj ağında meydana gelen değişiklikler. 1850-2020 Sol: 1850 yılındaki drenaj ağı (mavi çizgiler). Sağda: tarihi drenaj (mavi çizgiler) ve yapay drenaj 1850'den beri uygulanan (pembe çizgiler) 33

Şekil 29. Yukarı havza mikro havza alanlarında Doğal Su Tutma (sünger restorasyonu) konsepti. Sol: mevcut koşullarda yüksek drenaj yoğunluğuna sahip havza. Sağ: drenaj yoğunluğunun azaltılmasıküçük akarsularda toprak tutmanın restorasyonu yoluyla 33

Şekil 30. tutma restorasyonunun birbirini izleyen üç aşamasında drenajın temsili anlık Toprakların kapasitesinin görüntüleri: soldan sağa, fazla akışı mümkün olduğunca çabuk tahliye eden bir hendek; tıkanmış bir hendek ve bir drenajın tıkanmasından kaynaklanan sulak alan 34

Şekil 31. Karla Gölü'nün işletilmesi için önerilen bir yönetişim şeması.....43

Tabloların listesi

Tablo 1. Venedik Lagünü Venedik Lagünü havzası vaka dört çözümün toplam azot (TN) giderim performansıçalışmasındaki 19

Tablo 2. CAPEX denklemleri.....36

Tablo 3. OPEX denklemleri.....37

Tablo 4. Denklemlerde kullanılan değişkenler.....37

Tablo 6. NBS'nin NBS'nin sağlayabileceği ekosistem hizmetlerinin gösterge niteliğindeki listesi 38

Tablo 7. NBS tarafından sağlanan ekosistem hizmetlerinin değer aktarımı için gerekli değişken matrisi 40

Tablo 8. Venedik Lagünü Venedik Lagünü İş Modeli vaka çalışması.....42

AB İLE İLETİŞİME GEÇMEK

Şahsen

Avrupa Birliği'nin her yerinde yüzlerce Europe Direct merkezi bulunmaktadır. Size en yakın merkezin adresini online olarak bulabilirsiniz (european-union.europa.eu/contact-eu/meet-us_en).

Telefonda veya yazılı olarak

Europe Direct, Avrupa Birliği hakkındaki sorularınızı yanıtlayan bir hizmettir. Bu hizmetle iletişime geçebilirsiniz:

— ücretsiz telefonla: 00 800 6 7 8 9 10 11 (bazı operatörler bu aramalar için ücret talep edebilir),

— aşağıdaki standart numaradan ulaşabilirsiniz: +32 22999696,

— Aşağıdaki form aracılığıyla: european-union.europa.eu/contact-eu/write-us_en.

AB HAKKINDA BİLGİ BULMA

Çevrimiçi

Avrupa Birliği hakkında AB'nin tüm resmi dillerinde bilgi Europa web sitesinde (european- union.europa.eu) mevcuttur.

AB yayınları

AB yayınlarınıop.europa.eu/en/publications adresinde görüntüleyebilir veya sipariş edebilirsiniz. Europe Direct veya yerel dokümantasyon merkezinizle (european-union.europa.eu/contact-eu/meet-us_en) irtibata geçerek ücretsiz yayınların birden fazla kopyasını edinebilirsiniz.

AB hukuku ve ilgili belgeler

1951'den bu yana tüm resmi dillerdeki AB yasaları da dahil olmak üzere AB'nin yasal bilgilerine erişmek için EUR-Lex'e lex.europa.eu(eur-) gidin.

AB'den açık veri

Data.europa.eu portalı AB kurum, kuruluş ve ajanslarının açık veri setlerine erişim sağlamaktadır. Bunlar hem ticari hem de ticari olmayan amaçlarla ücretsiz olarak indirilebilir ve yeniden kullanılabilir. Portal ayrıca Avrupa ülkelerinden çok sayıda veri setine erişim sağlamaktadır.

Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi hizmeti Ortak Araştırma Merkezi

JRC Misyonu

Avrupa Komisyonu'nun bilim ve bilgi servisi olarak Ortak Araştırma Merkezi'nin misyonu, AB politikalarını tüm politika döngüsü boyunca bağımsız kanıtlarla desteklemektir.

E U Bilim Merkezi
jor it reseai ct eel it e ec.en ro oa.eu

@EU_ScienceHub

EU Science Hub - Joint Research Centre

EU Science, Research and Innovation

AB Hub

AB Bilim Ası

Yayınlar Ofisi
Avrupa Birliği'nin