

AREA TEMATICA – AGROECOSISTEMI

Scheda Indicatore 9:

Indicatore di capacità di depurazione delle acque degli ecosistemi

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE	1
2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE	2
3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE	3
4 CONCLUSIONI	10
Riferimenti bibliografici	12

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE

La necessità di aumentare la produzione di cibo ha spinto gli imprenditori ad un modello di agricoltura basato su metodi intensivi che prevede tra l'altro l'impiego di massicce dosi di fertilizzanti agrochimici a base di Azoto (N) e Fosforo (P) per aumentare la produttività. Nonostante negli ultimi anni l'impiego di fertilizzanti sia diminuito a causa dei costi eccessivi e dalla transizione ecologica indotta dalle politiche di sostenibilità, gli impatti sugli ecosistemi costituiscono una questione tuttora rilevante.

L'impiego eccessivo di azoto e fosforo in agricoltura può comportare una perdita di biodiversità e della capacità degli ecosistemi di fornire altri beni e servizi fondamentali per la collettività (Elser, 2012; Fowler et al., 2013). Questi fertilizzanti, infatti, possono raggiungere, attraverso il processo di erosione e dilavamento, sia le acque superficiali innescando fenomeni di eutrofizzazione marina e delle acque dolci (Poore e Nemecek 2018), sia le falde acquifere limitandone l'utilizzo per scopi idropotabili. L'impiego eccessivo di azoto in agricoltura inoltre può influire sul cambiamento climatico in quanto rilascia ammoniaca (NH_3) e N_2O , in atmosfera.

Gli ecosistemi, gli habitat e la vegetazione possono svolgere un ruolo di difesa naturale contro l'inquinamento delle acque. Ad esempio, le fasce tampone sono in grado di rimuovere da 5 a 130 kg/ha/anno di azoto e questa variabilità dipende soprattutto dalla larghezza e dal tipo di vegetazione (Zak D. et al., 2018). I boschi ripariali rimuovono 2,9 kg/ha/anno (Hoffmann et al 2009).

La capacità degli ecosistemi di purificare le acque è stata valutata a livello nazionale da ISPRA nel Rapporto annuale di consumo di suolo (ISPRA, 2016). Nel rapporto il valore economico del servizio ecosistemico è stato stimato attraverso il danno evitato dall'emissione di un chilogrammo di azoto o di fosforo. Per la stima dei costi di rimozione, ISPRA ha tenuto in considerazione i costi, di impiego delle nanotecnologie che, nel 2014 erano compresi tra i 10\$ ed i 20\$ al kg (pari a circa 7,5-15 € al kg) di fosforo rimosso (Reisner e Pradeep, 2014). Per l'azoto i costi oscillano dai 2 ai 4 euro per ogni chilogrammo di azoto rimosso (Van Hulle et al., 2010).

Secondo il Progetto INCA dell'UE, avviato nel 2015, la depurazione dell'acqua è il servizio ecosistemico con il più alto valore aggregato pari a 55,6 miliardi di euro all'anno: ecosistema urbano 1.105mln €, terreni coltivati 31 041 mln €, prati 4 128 mln €, aree boscate 15 374 mln €, zone umide 330 mln €, Brughiera 312 mln €, Terreno scarsamente vegetato 170 mln €, fiumi e laghi 3 114 mln € (Vysna, 2021)

In questo lavoro viene stimata la fornitura del servizio ecosistemico di purificazione dell'acqua svolto da alcuni habitat e specie vegetazionali.

2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE

Per il calcolo di questo indicatore sono stati impiegati i coefficienti di capacità di depurazione delle acque tratti dalla letteratura (tab. 1), associati alle classi di copertura del suolo della Carta della Natura (2014). Secondo Racchetti (2011) e Gumiero (2011), i processi di nitrificazione sono associati alla presenza di zone umide non connesse ai fiumi quali: lagune, lagune e canali artificiali, acque dolci (laghi e stagni), vegetazione delle acque ferme, banchi di fango fluviali con vegetazione a carattere mediterraneo. Il coefficiente di denitrificazione associato ai pioppeti e quello di rimozione del fosforo associati ai canneti sono stati tratti da Henze Christensen (2013). La capacità di depurazione potenziale delle acque è stata stimata a livello regionale, per ambiti e figure territoriali, ipotizzando una domanda omogenea in tutto il territorio pugliese.

Tabella 1 Coefficienti associati alle classi della Carta della Natura.

Categorie Carta Natura	fonte	corrispondenza classe fonte bibliografica	processo di depurazione	coefficiente kg/ha/anno
Lagune	Racchetti et al 2011	zone umide non connesse al fiume	nitrificazione	417
Lagune e canali artificiali	Racchetti et al 2011	zone umide non connesse al fiume	nitrificazione	417
Acque dolci (laghi, stagni)	Racchetti et al 2011	zone umide non connesse al fiume	nitrificazione	417
Vegetazione delle acque ferme	Racchetti et al 2011	zone umide non connesse al fiume	nitrificazione	417
Banchi di fango fluviali con vegetazione a carattere mediterraneo	Gumiero et al 2011	vegetazione riparia	nitrificazione	74,5
Foreste mediterranee ripariali a pioppo	Henze Christensen 2013	pioppo	denitrificazione	37
Piantagioni di pioppo canadese	Henze Christensen 2013	pioppo	denitrificazione	37
Vegetazione dei canneti e di specie simili	Henze Christensen 2013	canneto	rimozione P	8,25

3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE

L'analisi della distribuzione spaziale degli elementi della Carta della Natura (fig.1) presi in considerazione, evidenzia un certo grado di concentrazione delle classi con capacità di depurazione delle acque nel settore centro settentrionale della Regione in corrispondenza del reticolo idrografico pugliese e dei corpi d'acqua. Questi ultimi, oltre a costituire degli importanti habitat per le specie volatili, hanno un'alta capacità di abbattere i composti dell'azoto e del fosforo attraverso processi chimici, fisici e biologici. La classe più estesa tra quelle considerate, è quella delle lagune (il Lago di Varano e di Lesina) che occupano circa 100 km² nel territorio tra il Tavoliere ed il Gargano. Altre lagune e canali artificiali, che hanno una superficie di circa 77 km², sono rappresentate per lo più dalle saline di Margherita di Savoia e dagli invasi delle infrastrutture irrigue. Per quanto riguarda le altre classi prese in

considerazione, la vegetazione dei canneti e specie simili si estendono su una superficie di 57,6 km² mentre le foreste mediterranee ripariali a pioppo, circa 28 km² e seguono il percorso dei torrenti che scorrono lungo i paesaggi del Tavoliere, di Ofanto, dell'Alta Murgia e dell'Arco Jonico. Il resto delle classi che concorrono alla depurazione dell'acqua sono rappresentate da superfici tra i 0,5 km² del pioppo canadese che si trova sui Monti Dauni ed i 3 km² dei banchi di fango fluviali con vegetazione a carattere mediterraneo concentrati nella porzione di territorio a cavallo tra il Tavoliere e il Gargano.

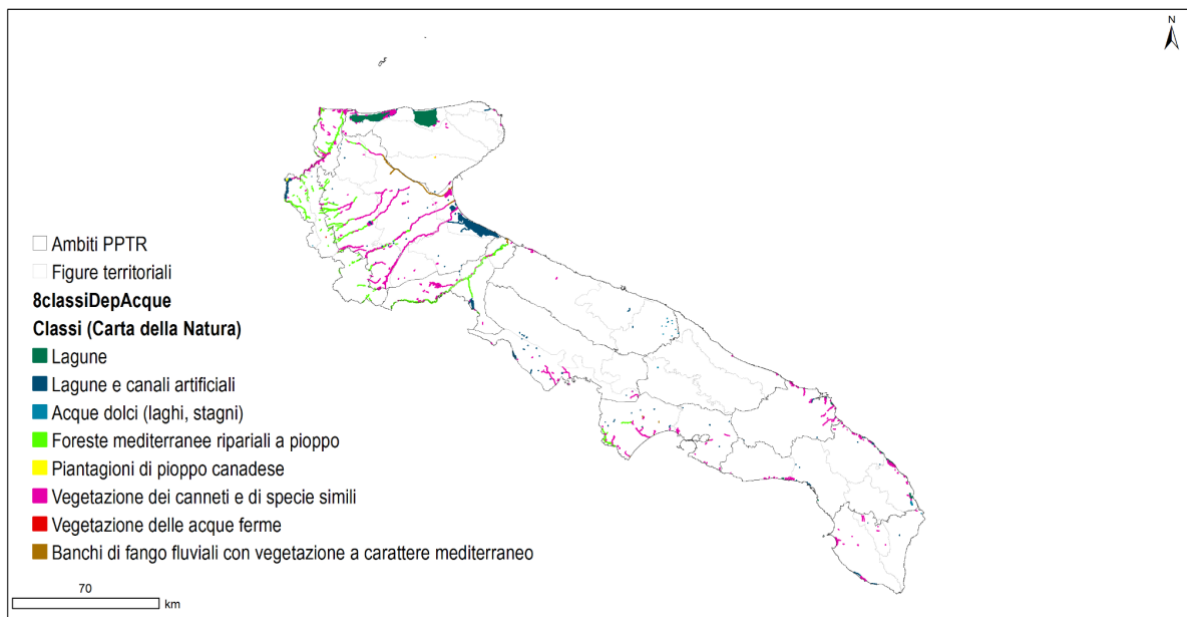


Figura 1 Rappresentazione dei dati vettoriali delle classi di vegetazione

Sulla base dei dati riportati in tabella 1, i coefficienti di nitrificazione delle zone umide riflettono l'alta capacità depurativa degli stessi.

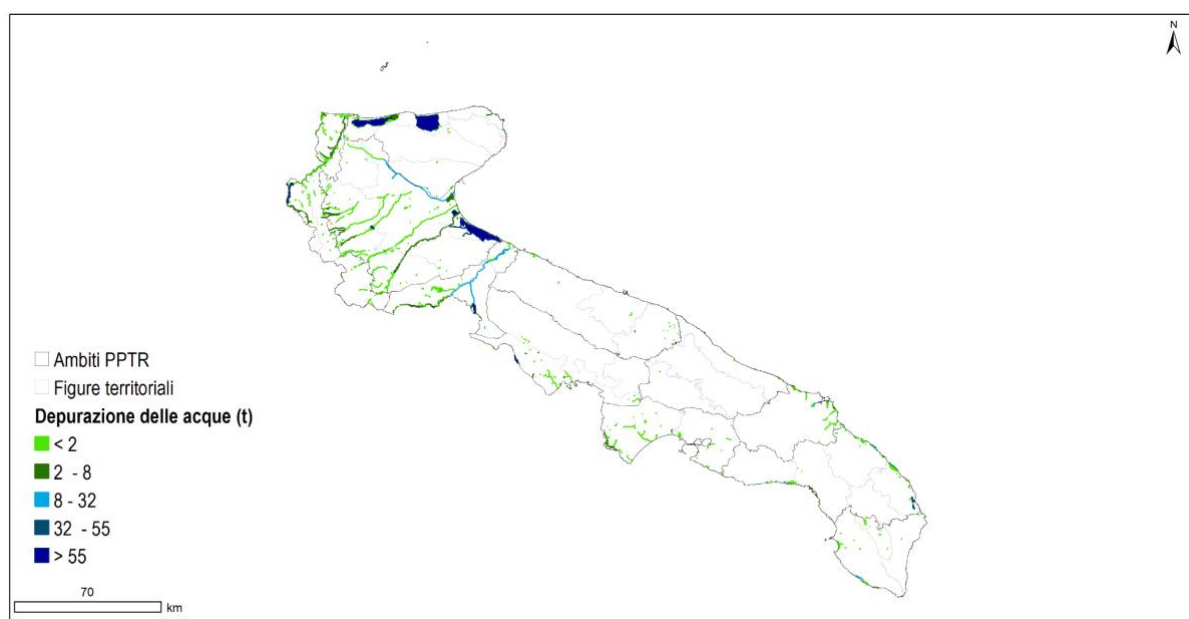


Figura 2. Stima potenziale del servizio ecosistemico di purificazione delle acque da parte della vegetazione ripariale e delle zone umide.

Una superficie di circa 280 km² è potenzialmente in grado di depurare le acque del territorio pugliese. La quantità stimata di nutrienti trattenuti dalle categorie di vegetazione e dai corpi idrici è di poco superiore a 8.150 tonnellate (tab.2). Il 97,3% del servizio di purificazione delle acque è svolto dalle zone lagunari nel settore settentrionale della regione. Nel settore centro-occidentale i canneti e i pioppeti ripariali dell'Arco Ionico e dell'Alta Murgia contribuiscono al servizio ecosistemico per quantità comprese tra 2 e 8 t/anno. Nel settore meridionale, i limitati segmenti di vegetazione ripariale rilevati dalla Carta della Natura nella Campagna Brindisina e nel Salento delle Serre, trattengono di inquinanti per quantità comprese tra 0 e 8 t/anno. In corrispondenza dei Laghi Alimini (Piccolo e Grande) del Tavoliere Salentino, i valori raggiungono quote maggiori di 55 t/anno.

Tabella 2 . Stima potenziale della capacità di rimozione di fertilizzanti per classi di copertura vegetazionale

Classi	Superficie (km ²)	Rimozione di fertilizzanti	
		(t)	(%)
Acque dolci (laghi, stagni)	0,97	40,42	0,50
Banchi di fango fluviali con vegetazione a carattere mediterraneo	3,00	22,35	0,27
Foreste mediterranee ripariali a pioppo	29,21	108,09	1,33
Lagune	112,56	4693,83	57,57
Lagune e canali artificiali	77,65	3238,17	39,72
Piantagioni di pioppo canadese	0,50	1,84	0,02
Vegetazione dei canneti e di specie simili	57,49	47,43	0,58
Vegetazione delle acque ferme	0,03	1,34	0,02
TOTALE	281,42	8.153,49	100,00

I dati elaborati a livello di ambiti PPTR (fig.3) restituiscono una carenza di aree con capacità potenziale di depurare le acque in tutti i settori meridionali, fatta eccezione per il Tavoliere Salentino. Gli ambiti territoriali in cui il servizio ecosistemico potrebbe essere particolarmente carente sono la Murgia dei trulli, la Puglia centrale, l'Arco Ionico Tarantino. Come evidenziato già in precedenza, il Gargano, il Tavoliere e i Monti Dauni presentano una maggiore capacità potenziale di fornitura del servizio ecosistemico.

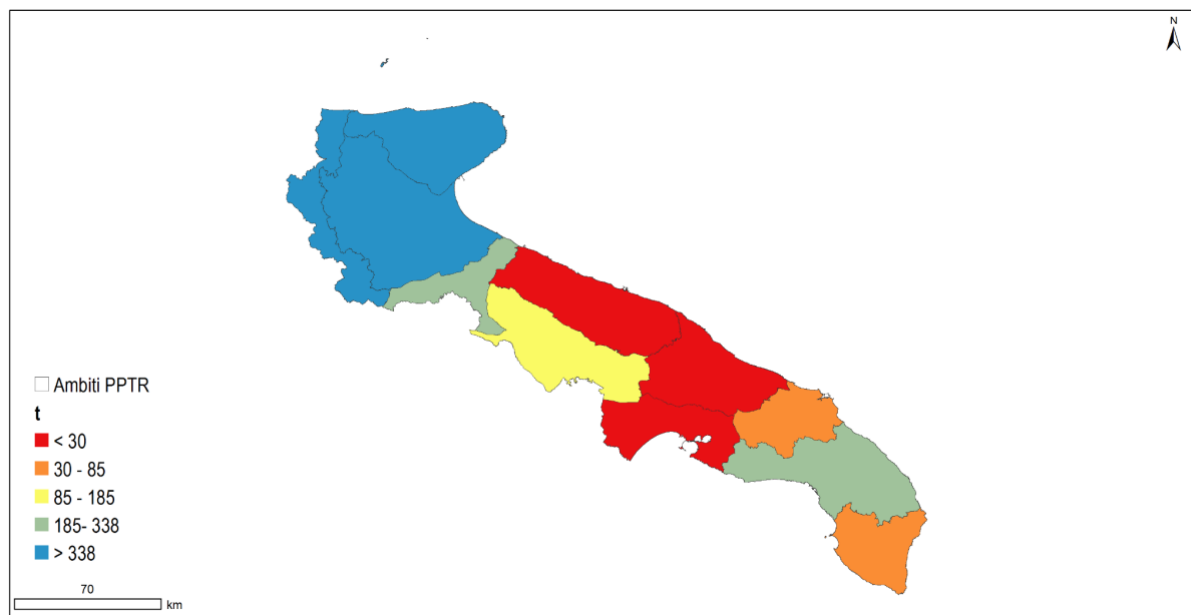


Figura 3. Stima potenziale del servizio ecosistemico (t) di purificazione delle acque per ambiti PPTR

L'analisi restituisce una scarsa o nulla presenza di vegetazione e zone umide in quasi tutti gli ambiti di paesaggio, eccetto il Gargano e il Tavoliere che detengono, rispettivamente il 56,7 % e il 31,2% di tutta la capacità potenziale di depurazione regionale (tab. 3). In questi ambiti le zone umide lagunari sono quelle prevalenti.

Tabella 3. Capacità potenziale di depurazione associata a ciascun ambito e figura territoriale PPTR e classe prevalente. Nota: La capacità di depurazione potenziale delle acque è stata stimata a livello regionale, per ambiti e figure territoriali, ipotizzando una domanda omogenea in tutto il territorio pugliese.

<i>Ambiti PPTR</i>	<i>Capacità potenziale di depurazione (%)</i>	<i>Classe vegetazionale o zona umida prevalente</i>	<i>Figura territoriale con maggior capacità di purificazione delle acque</i>
Alta Murgia	0,8	Lagune e canali artificiali	La fossa bradanica (58 t)
Arco Jonico Tarantino	0,3	Vegetazione dei canneti e di specie simili	Il paesaggio delle gravine (20 t)
Gargano	56,7	Lagune	I laghi di Lesina e Varano (4.595 t)
La campagna brindisina	0,8	Vegetazione dei canneti e di specie simili	La campagna brindisina (61 t)
La Puglia centrale	0,1	Vegetazione dei canneti e di specie simili	Il sud-est barese e il paesaggio del frutteto (9 t)
Monti Dauni	3,9	Foreste mediterranee ripariali a pioppo	La media valle del Fortore (278 t)
Murgia dei trulli	0,0	Vegetazione dei canneti e di specie simili	I boschi di fragno (2 t)
Ofanto	3,5	Foreste mediterranee ripariali a pioppo	La valle del Locone (147 t) La media valle dell'Ofanto (118 t)
Salento delle Serre	0,4	Vegetazione dei canneti e di specie simili	Le serre ioniche (28 t)
Tavoliere	31,2	Lagune e canali artificiali	Le saline di Margherita di Savoia (2.350 t), Lucera e le serre dei Monti Dauni (141 t) La piana foggiana della riforma (36 t)
Tavoliere Salentino	2,3	Vegetazione dei canneti e di specie simili	Il paesaggio costiero profondo (126 t), La campagna leccese (33 t)

Le figure territoriali (fig.4) che presentano una maggiore capacità del servizio di purificazione delle acque sono i Laghi di Lesina e Varano (Gargano) e le saline di Margherita di Savoia (Tavoliere). La capacità è nulla invece nella Valle d'Itria (Murgia dei Trulli), nella sella di Gioia del Colle (Alta Murgia), nella Foresta Umbra (Gargano), Isole tremiti (Gargano), La campagna a mosaico (Tavoliere Salentino).

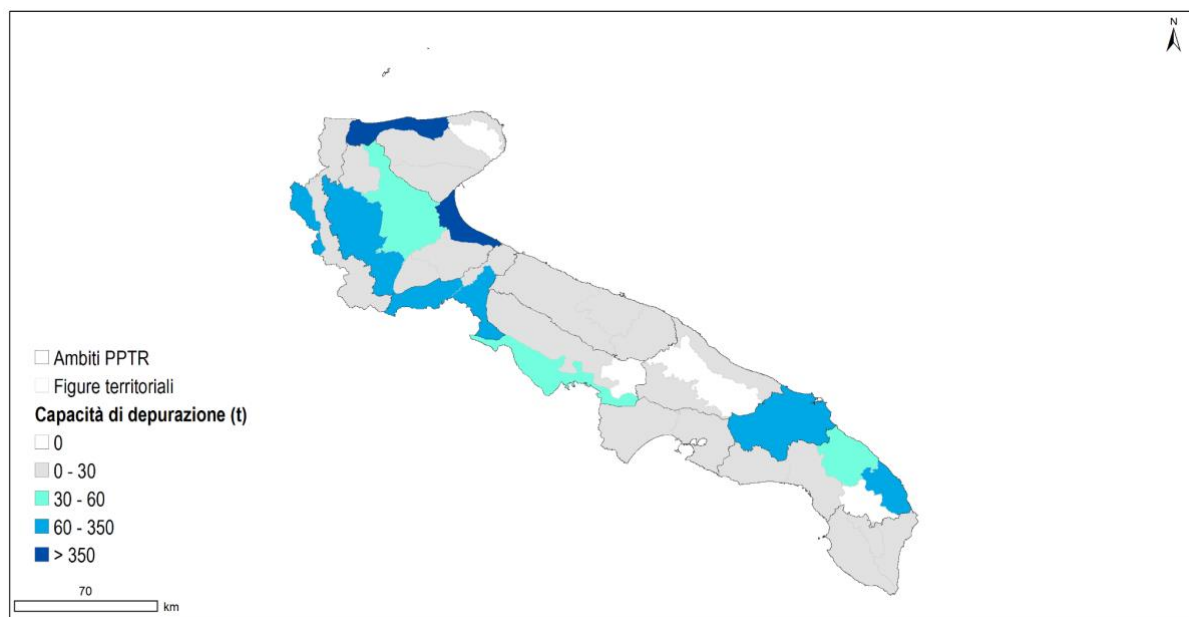


Figura 4. Stima potenziale del servizio ecosistemico (t) di purificazione delle acque per figure territoriali.

Al fine di proteggere l'inquinamento delle acque causato dai nitrati utilizzati in agricoltura (Direttiva 91/676/CEE Nitrati), le Regioni sono tenute a zonizzare, con cadenza quadriennale, e predisporre dei programmi d'azione negli "ambiti territoriali particolarmente suscettibili ad essere inquinati e ad influenzare a loro volta direttamente la qualità delle acque, ambiti denominati "Zone Vulnerabili "(ZVN)". In Puglia, la perimetrazione più recente¹ ha individuato una superficie di 387.592 ettari di aree vulnerabili, il 36,5% delle quali si trova nel foggiano, in particolare nel Tavoliere (Fig. 5).

¹ SIT Puglia, "Zone Vulnerabili da Nitrati di Origine Agricola"(ZVN), http://www.sit.puglia.it/portal/portale_cis/Zone%20Vulnerabili%20da%20Nitrati, ultimo accesso 18/06/2023.

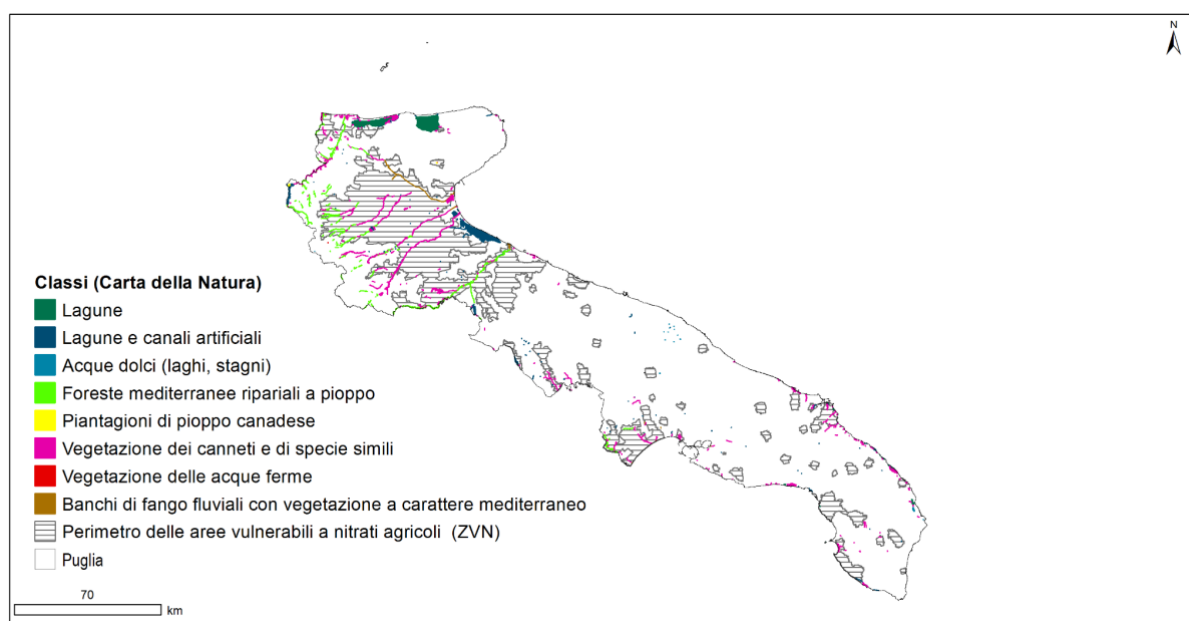


Fig. 5. Perimetri delle Zone Vulnerabili ai Nitrati di Origine Agricola (2021).

4 CONCLUSIONI

L'adempimento agli obblighi previsti dalla Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque – DQA Direttiva Acque), della Direttiva 91/676/CE (cd. *Direttiva Nitrati*) e della Direttiva Quadro sulla *Strategia* per l'Ambiente Marino (MSFD-2008/56/CE) spinge i decisori pubblici a mettere in atto interventi e strumenti finalizzati, da un lato, a ridurre l'impiego di fertilizzanti favorendo pratiche agricole a basso impatto ambientale, e dall'altro, a potenziare le infrastrutture ecologiche e la loro funzione naturale di purificazione delle acque. Un contributo all'attuazione delle due direttive sopra citate potrebbe avvenire tramite gli investimenti previsti dal Piano Strategico della PAC 2023-2027 della Regione Puglia tra cui l'Investimento SRD04, "*Investimenti non produttivi agricoli con finalità ambientale*" che risponde agli obiettivi ambientali in tema di tutela delle risorse naturali e di protezione della biodiversità (rispettivamente, Obiettivi Specifici 5 e 6). In particolare, l'Azione 2 prevede diversi interventi tra cui la realizzazione di fasce tampone arboree/arbustive e/o messa a dimora di vegetazione nel reticolo idrico minore ed artificiale, al fine di ridurre l'inquinamento delle acque superficiali che interessa principalmente le aree pianeggianti, a maggior vocazione produttiva, e le Aree Vulnerabili ai Nitrati.

Tra gli strumenti a disposizione dei decisori pubblici vi sono anche i Pagamenti per i Servizi Ecosistemici (PES) introdotti dall'articolo 70 della legge 221/2015. L'implementazione dei PES nelle aree agricole della regione maggiormente esposte alla contaminazione di azoto e fosforo

potrebbe contribuire anche agli obiettivi della Strategia europea in materia di tutela della biodiversità. L'ipotesi di PES che potrebbe essere implementata in Puglia prevede il coinvolgimento dell'Autorità di Bacino e dei Consorzi di bonifica (Buyer) e le aziende agricole (Seller). I buyer potrebbero destinare ai seller un contributo annuo ad ettaro per la realizzazione e manutenzione delle infrastrutture ecologiche nei campi agricoli, nelle aree umide e fluviali funzionale a mitigare gli effetti sulle acque indotte dall'utilizzo di fertilizzanti agrochimici. Questi strumenti di governance trovano ampio impiego in campo internazionale (es. Regno Unito², Kenya³, e USA⁴) e nazionale (Parco regionale Oglio Sud⁵) nel mitigare gli impatti dell'utilizzo dei fertilizzanti e garantire la fornitura del servizio ecosistemico purificazione delle acque.

² <https://www.southwestwater.co.uk/environment/working-in-the-environment/upstream-thinking/the-project>

³ <https://hess.copernicus.org/preprints/hess-2016-541/hess-2016-541-AC1-supplement.pdf>

⁴ https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSConsumption/download/?cid=stelprdb1044920.pdf

⁵ <http://www.ogliosud.it/ecopayconnect/>



Riferimenti bibliografici

- Capogrossi R., Angelini P., Augello R., Bianco P.M., Laureti L., Papallo O., 2015. Carta della Natura della Regione Puglia: Carte di Valore Ecologico, Sensibilità Ecologica, Pressione Antropica e Fragilità Ambientale scala 1:50.000. ISPRA.
- Christensen M. H., Harremoës P., , BIOLOGICAL DENITRIFICATION OF SEWAGE: A LITERATURE REVIEW, Editor(s): S H Jenkins, Proceedings of the Conference on Nitrogen As a Water Pollutant, Pergamon, 2013, Pages 509-555, ISBN 9781483213446, <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-1344-6.50039-3>
- Elser, J. J. (2012). Phosphorus: a limiting nutrient for humanity? *Curr. Opin. Biotechnol.* 23, 833–838. doi: 10.1016/j.copbio.2012.03.001.
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., et al. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philos. Trans R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 368:20130164. doi: 10.1098/rstb.2013.0164.
- Gumiero, B., Boz, B., Cornelio, P., & Casella, S. (2011). Shallow groundwater nitrogen and denitrification in a newly afforested, subirrigated riparian buffer. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1135–1144. <http://www.istor.org/stable/41318859>.
- Hoffmann CC, Kjaergaard C, Uusi-Kämpä J, Hansen HC, Kronvang B. (2009). Phosphorus retention in riparian buffers: review of their efficiency. *J Environ Qual.* 24;38(5):1942-55. doi: 10.2134/jeq2008.0087. PMID: 19704138.
- ISPRA Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2016.
- Poore J, Nemecek T (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360:987–992.
- Racchetti, E., Bartoli, M., Soana, E. *et al.* Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification. *Biogeochemistry* 103, 335–354 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9477-7>.
- Reisner D. E, Pradeep T. edited by (2014) *Aquananotechnology: Global Prospects*, CRC Press.
- Van Hulle S.W.H., Vandeweyer H.J.P., Meesschaert B.D., Vanrolleghem P.A., Dejans P., Dumoulin A. (2010) Engineering aspects and practical application of autotrophic nitrogen removal from nitrogen rich streams. *Chem .Eng J.* 8/1;162(1):1-20.

Vysna, V., Maes, J., Petersen, J.E., La Notte, A., Vallecillo, S., Aizpurua, N., Ivits, E., Teller, A., Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA). Final report from phase II of the INCA project aiming to develop a pilot for an integrated system of ecosystem accounts for the EU. Statistical report. Publications office of the European Union, Luxembourg, 2021.

Zak, D.; Kronvang, B.; Carstensen, M.V.; Hoffmann, C.C.; Kjeldgaard, A.; Larsen, S.E.; Audet, J.; Egemose, S.; Jorgensen, C.A.; Feuerbach, P.; Gertz F., Jensen H. S. (2018). Nitrogen and phosphorus removal from agricultural runoff in integrated buffer zones. Environ. Sci. Technol. 52, 6508–6517.