

B.10 Software per la valutazione e quantificazione dei servizi ecosistemici



Parte 4

Impatti sui servizi ecosistemici



Il progetto “Making Public Goods Provision the Core Business of Natura 2000” (n. di progetto LIFE+11 ENV/IT/000168, CUP B81H12000580004) è cofinanziato dal fondo europeo LIFE+. Gode inoltre dei fondi messi a disposizione dal Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare e dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

Il progetto è coordinato da:
Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente (CURSA)
Via Palermo, 37, I-00184 Roma
www.lifemgn-serviziecosistemici.eu

Report dell'azione B.10:

Software per la valutazione e quantificazione dei servizi ecosistemici

Parte 4: Impatti sui servizi ecosistemici

Report elaborato da:

Uta Schirpke, Rocco Scolozzi

Accademia Europea di Bolzano (EURAC), Istituto per l'Ambiente Alpino

Viale Druso 1, I-39100 Bolzano

www.eurac.edu

© Bolzano, settembre 2015

Citazione: Schirpke, U., Scolozzi, R. (2015) Software per la valutazione e quantificazione dei servizi ecosistemici. Parte 4: Impatti sui servizi ecosistemici. Report del progetto Making Good Natura (LIFE+11 ENV/IT/000168), EURAC research, Bolzano, p. 26.

Partner del progetto:



Indice

1	Introduzione	3
2	Servizi di fornitura	4
2.1	Coltivazioni	4
2.2	Foraggio, pascolo.....	5
2.3	Risorse faunistiche.....	6
2.4	Materie prime.....	7
2.5	Funghi	8
2.6	Piante medicinali	9
2.7	Risorse genetiche.....	10
2.8	Acqua potabile.....	11
3	Servizi di regolazione	12
3.1	Sequestro del carbonio.....	12
3.2	Regolazione del clima locale/ purificazione dell'aria	13
3.3	Regolazione delle acque (ricarica delle falde)	14
3.4	Purificazione dell'acqua.....	15
3.5	Protezione dall'erosione e dissesti geologici (frane).....	16
3.6	Protezione dai dissesti idrologici (piene, inondazioni)	17
3.7	Impollinazione	18
3.8	Controllo biologico	19
3.9	Habitat per la biodiversità	20
4	Servizi culturali	21
4.1	Valore ricreativo	22
4.2	Valore culturale (Ispirazione per cultura, arti, valori educativi e spirituali, senso d'identità)	23
5	Bibliografia	24

1 Introduzione

La fornitura di servizi ecosistemici da parte degli ecosistemi inclusi in siti Natura 2000, dipende da processi socio-economici e da processi ecologici. Un limitato numero di variabili sottese a questi processi possono essere influenzate intenzionalmente da scelte gestionali (es. limitazione di accesso, marketing), ma molte altre variabili non sono controllabili poiché “esterne” al sito, inerenti scale spaziali e temporali più ampie. Tra le variabili con l'impatto diretto maggiore ci sono il clima (soprattutto temperature, precipitazioni), l'uso del suolo (determinato dalla pianificazione sovra-locale e da soggetti non gestori del sito) e la popolazione nelle regioni limitrofe al sito.

La capacità degli ecosistemi di fornire i vari servizi ecosistemici è rappresentata nel [WebGIS](#). Per quanto riguarda l'impatto delle misure di management sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità, sono stati elaborati dei modelli qualitativi dinamici ([Report B10.3](#)). In questo report invece, per ogni servizio ecosistemico sono indicati gli impatti sull'offerta, distinguendo tra cambiamento climatico (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008) e cambiamento dell'uso del suolo (aumento della singola superficie, scenari dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) (Figura 1). Gli impatti sono specifici e differenti per ogni servizio ecosistemico.

Figura 1: Direzione e intensità del cambiamento.

Nulla o non determinabile	→
Debole – negativo	↓
Moderato - negativo	↓↓
Forte - negativo	↓↓↓
Ambiguo	↓↑
Debole - positivo	↑
Moderato - positivo	↑↑
Forte – positivo	↑↑↑

Per quanto riguarda la domanda dei servizi ecosistemici, la variazione di popolazione determina in generale gli effetti sulla domanda per tutti i servizi, con una relazione positiva: l'aumento della popolazione causa l'aumento della domanda. Non è possibile distinguere l'intensità del cambiamento sulla domanda per i vari servizi ecosistemici e quindi non viene indicato di seguito.

2 Servizi di fornitura

2.1 Coltivazioni

Cambiamento climatico

L'aumento della temperatura può prolungare il periodo di vegetazione in latitudini settentrionali (> 45°) o in montagna, ma la mancanza di precipitazioni limita la produzione (Bocchiola et al., 2013).

*Temperatura e precipitazioni**

↓↓

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

La superficie maggiore e metodi di produzione più intensivi permettono di aumentare la produzione (Aldaya and Hoekstra, 2010).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	↑↑↑
Prati/pascoli	→
Foreste	→

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↑↑
B1: abbandono delle aree agricole	↓↓

2.2 Foraggio, pascolo

Cambiamento climatico

L'aumento della temperatura può aumentare la crescita (periodo di vegetazione più lunga in montagna), ma la mancanza di precipitazioni diminuisce la quantità di foraggio (Schirpke et al., 2013a).

*Temperatura e precipitazioni**

↓↓

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

Metodi di produzione più intensivi permettono di aumentare la produzione (Metzger et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	→
Prati/pascoli	↑↑↑
Foreste	→

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↑↑
B1: abbandono delle aree agricole	↓↓

2.3 Risorse faunistiche

Cambiamento climatico

L'aumento delle temperature ha un impatto sulla fisiologia dei pesci a causa del minore trasporto d'ossigeno ai tessuti in presenza di temperature più alte. Questo a sua volta porterà a cambiamenti nella distribuzione delle specie (Ficke et al., 2007).

*Temperatura e precipitazioni**



**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

La perdita di superfici naturali e semi-naturali diminuiscono gli habitat di riproduzione delle specie cacciabili (Reidsma et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

2.4 Materie prime

Cambiamento climatico

La produttività delle foreste aumenta con l'aumento della fotosintesi e l'efficienza dell'uso dell'acqua (water-use efficiency (WUE), ma la mancanza di precipitazioni limita la crescita e la produzione di legno (Bertini et al., 2011; Etzold et al., 2014; Spring et al., 2005).

Temperatura e precipitazioni*



*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

Sfruttamento maggiore e specie più produttive aumentano la produzione (Metzger et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	→
Prati/pascoli	→
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↑
B1: abbandono delle aree agricole	↑

2.5 Funghi

Cambiamento climatico

La diminuzione delle precipitazioni riduce la produzione di funghi (Bokhorst et al., 2011; Martínez de Aragón et al., 2007).

Temperatura e precipitazioni*	↓
-------------------------------	---

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

La perdita di superfici naturali e semi-naturali diminuiscono gli habitat di produzione di funghi (Reidsma et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	→
Prati/pascoli	→
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

2.6 Piante medicinali

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico causa un shift negli ecosistemi e nella presenza delle specie insieme con la perdita degli habitat. Le specie sono minacciate dall'aumento di temperatura e mancanza di acqua (Davis et al., 2005).

*Temperatura e precipitazioni**



**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

La riduzione delle superfici naturali può causare la perdita di biodiversità (Reidsma et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

2.7 Risorse genetiche

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico causa un shift negli ecosistemi e nella presenza delle specie insieme con la perdita degli habitat. Le specie sono minacciate dall'aumento di temperatura e mancanza di acqua (Davis et al., 2005).

*Temperatura e precipitazioni**

↓↓

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

La riduzione delle superfici naturali può causare la perdita di biodiversità (Reidsma et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

2.8 Acqua potabile

Cambiamento climatico

La diminuzione delle precipitazioni riduce la quantità dell'acqua potabile (Bangash et al., 2013).

*Temperatura e precipitazioni**



**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

L'intensificazione dell'uso del suolo aumenta la pressione sulle risorse idriche (Aldaya and Hoekstra, 2010).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

3 Servizi di regolazione

3.1 Sequestro del carbonio

Cambiamento climatico

La produttività delle foreste aumenta con l'aumento della fotosintesi e l'efficienza dell'uso dell'acqua (water-use efficiency (WUE), ma la mancanza di precipitazioni limita la crescita e la produzione di legno e quindi il sequestro del carbonio. (Bertini et al., 2011; Etzold et al., 2014; Lindner et al., 2010; Spring et al., 2005).

Temperatura e precipitazioni*	↓
-------------------------------	---

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

L'aumento della superficie agricola riduce le aree con coperture che contribuiscono al sequestro del carbonio (Schulp et al., 2008).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.2 Regolazione del clima locale/ purificazione dell'aria

Cambiamento climatico

Gli impatti del nitrogeno si manifestano attraverso tre meccanismi principali: eutrofizzazione, acidificazione e tossicità diretta. La produttività delle foreste aumenta con l'aumento della fotosintesi e l'efficienza dell'uso dell'acqua (water-use efficiency (WUE), ma la mancanza di precipitazioni limita la crescita e la produzione di legno e quindi la purificazione dell'aria (Bertini et al., 2011; Bobbink et al., 2010; Etzold et al., 2014; Jones et al., 2014; Spring et al., 2005).

Temperatura e precipitazioni*	↓
-------------------------------	---

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

L'aumento della superficie agricola riduce le aree con coperture che contribuiscono alla purificazione dell'aria (Schulp et al., 2008).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	→
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.3 Regolazione delle acque (ricarica delle falde)

Cambiamento climatico

La diminuzione delle precipitazioni riduce la quantità dell'acqua che può infiltrare e ricaricare le falde (Senatore et al., 2011).

*Temperatura e precipitazioni**

↓↓↓

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

L'aumento della superficie agricola riduce le aree con coperture che contribuiscono alla ricarica delle falde (Senatore et al., 2011).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.4 Purificazione dell'acqua

Cambiamento climatico

La purificazione dell'acqua aumenta con una diminuzione delle precipitazioni grazie a un dilavamento ridotto (Terrado et al., 2014).

*Temperatura e precipitazioni**

↓↓↓

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

La superficie agricola maggiore e i metodi di produzione più intensivi provocano l'inquinamento più alto. La riduzione delle aree con coperture che contribuiscono alla purificazione dell'acqua diminuisce il SE (Teixeira et al., 2014).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓↓↓
Prati/pascoli	→
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓↓↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.5 Protezione dall'erosione e dissesti geologici (frane)

Cambiamento climatico

La stabilità del suolo aumenta con meno precipitazioni ma con la loro intensità (Borgatti and Soldati, 2010; Crozier, 2010).

Temperatura e precipitazioni*	↓↑
-------------------------------	----

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

Coperture agricole aumentano il rischio di erosione e frane (Borgatti and Soldati, 2010).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓↓
Area agricola	↓↓
Prati/pascoli	↓
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.6 Protezione dai dissesti idrologici (piene, inondazioni)

Cambiamento climatico

In generale quantità minori di precipitazione portano a un deflusso minore con un livello dell'acqua ridotto. L'occorenza di eventi estremi più frequenti però può provocare però delle inondazioni più alti (Senatore et al., 2011).

Temperatura e precipitazioni*	↓↑
-------------------------------	----

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

L'infiltrazione dell'acqua è minore su coperture agricole (Senatore et al., 2011).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓↓
Prati/pascoli	→
Foreste	↑↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑↑

3.7 Impollinazione

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico provoca un cambiamento nella composizione delle specie e ha un impatto negativo sulle interazioni tra pianta e impollinatore perché può cambiare o interrompere le relazioni temporali, spaziali, di comportamentali, morfologici e energetici, oltre a cambiare le condizioni di competizione (Schweiger et al., 2010).

*Temperatura e precipitazioni**



**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

Aree agricole non offrono habitat per impollinatori (Winfree, 2013).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

3.8 Controllo biologico

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico può cambiare i ruoli funzionali dei predatori e ridurre il controllo biologico (Schmitz and Barton, 2014; Tylianakis and Binzer, 2014).

<i>Temperatura e precipitazioni*</i>	↓
--------------------------------------	---

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

Aree agricole non offrono habitat per le specie controllori (Schmitz and Barton, 2014; Tylianakis and Binzer, 2014).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

3.9 Habitat per la biodiversità

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico causa un shift negli ecosistemi e nella presenza delle specie insieme con la perdita degli habitat. Le specie sono minacciate dall'aumento di temperatura e mancanza di acqua (Davis et al., 2005; D'Amen and Bombi, 2009).

<i>Temperatura e precipitazioni*</i>	↓↓
--------------------------------------	----

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

L'aumento della superficie agricola a l'uso più intensivo provoca una perdita di aree naturali e quindi della biodiversità (Reidsma et al., 2006).

Aumento della superficie

<i>Aree urbane</i>	↓
<i>Area agricola</i>	↓↓↓
<i>Prati/pascoli</i>	↑
<i>Foreste</i>	↑↑

Scenari IPCC

<i>A1: uso del suolo più intenso</i>	↓↓
<i>B1: abbandono delle aree agricole</i>	↑↑

4 Servizi culturali

Cambiamento climatico

Oltre alla varietà e naturalità del paesaggio ci sono degli elementi che hanno generalmente un'alto valore estetico come fiumi, laghi, ghiacciai che possono sparire o essere degradati con il cambiamento climatico. La perdita di specie (biodiversità) ha anche impatti negativi sul valore estetico (Arriaza et al., 2004; Lindemann-Matthies et al., 2010; Real et al., 2000).

Temperatura e precipitazioni*	↓
-------------------------------	---

*Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)

Cambiamento del uso del suolo

Paesaggi con monoculture e poco naturali non hanno un valore estetico elevato (Schirpke et al., 2013b).

Aumento della superficie

Aree urbane	↓
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↓

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↓

4.1 Valore ricreativo

Cambiamento climatico

Il cambiamento climatico può causare una degradazione o perdita di elementi naturali/paesaggistici importanti per la ricreazione (foreste, laghi) (Lindemann-Matthies et al., 2010; Plieninger et al., 2013).

<i>Temperatura e precipitazioni*</i>	↓
--------------------------------------	---

**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

Paesaggi con coperture naturali o semi-naturali hanno un valore di ricreazione più alto (Metzger et al., 2006).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	↓
Prati/pascoli	↑
Foreste	↑↑

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↑

4.2 Valore culturale (Ispirazione per cultura, arti, valori educativi e spirituali, senso d'identità)

Cambiamento climatico

I valori culturali che sono legati ad elementi del paesaggio possono essere cambiati o persi se il cambiamento climatico provoca una perdita di questi elementi naturali/paesaggistici (foreste, laghi) (Plieninger et al., 2013; Tengberg et al., 2012).

*Temperatura e precipitazioni**



**Aumento della temperatura, diminuzione delle precipitazioni (20% disponibilità dell'acqua e variabilità delle precipitazioni più alta) (Giorgi & Lionello 2008, Mariotti et al. 2008)*

Cambiamento del uso del suolo

Perdita del paesaggio "tradizionale" e perdita di coperture con un alto valore culturale (Plieninger et al., 2013; Soliva and Hunziker, 2009).

Aumento della superficie

Aree urbane	→
Area agricola	→
Prati/pascoli	→
Foreste	→

Scenari IPCC

A1: uso del suolo più intenso	↓
B1: abbandono delle aree agricole	↓

5 Bibliografia

- Aldaya, M.M., Hoekstra, A.Y., 2010. The water needed for Italians to eat pasta and pizza, *Agricultural Systems* 103, 351-360.
- Arriaza, M., Cañas-Ortega, J.F., Cañas-Madueño, J.A., Ruiz-Aviles, P., 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes, *Landscape Urban Plann.* 69, 115-125.
- Bangash, R.F., Passuello, A., Sanchez-Canales, M., Terrado, M., López, A., Elorza, F.J., Ziv, G., Acuña, V., Schuhmacher, M., 2013. Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control, *Sci. Total Environ.* 458–460, 246-255.
- Bertini, G., Amoriello, T., Fabbio, G., Piovosi, M., 2011. Forest growth and climate change: evidences from the ICP-Forests intensive monitoring in Italy. , *iForest* 4, 262-267.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis, *Ecol. Appl.* 20, 30-59.
- Bocchiola, D., Nana, E., Soncini, A., 2013. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy, *Agric. Water Manage.* 116, 50-61.
- Bokhorst, S., Bjerke, J., Street, L., Callaghan, T., Phoenix, G., 2011. Impacts of multiple extreme winter warming events on sub-Arctic heathland: phenology, reproduction, growth, and CO₂ flux responses, *Global Change Biol.* 17, 2817-2830.
- Borgatti, L., Soldati, M., 2010. Landslides as a geomorphological proxy for climate change: A record from the Dolomites (northern Italy), *Geomorphology* 120, 56-64.
- Crozier, M.J., 2010. Deciphering the effect of climate change on landslide activity: A review, *Geomorphology* 124, 260-267.
- D'Amen, M., Bombi, P., 2009. Global warming and biodiversity: Evidence of climate-linked amphibian declines in Italy, *Biol. Conserv.* 142, 3060-3067.
- Davis, M.B., Shaw, R.G., Etterson, J.R., 2005. Evolutionary responses to changing climate, *Ecology* 86, 1704-1714.
- Etzold, S., Waldner, P., Thimonier, A., Schmitt, M., Dobbertin, M., 2014. Tree growth in Swiss forests between 1995 and 2010 in relation to climate and stand conditions: Recent disturbances matter, *For. Ecol. Manage.* 311, 41-55.
- Ficke, A., Myrick, C., Hansen, L., 2007. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries, *Rev. Fish Biol. Fish.* 17, 581-613.
- Giorgi, F., Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63(2), 90-104.
- Jones, L., Provins, A., Holland, M., Mills, G., Hayes, F., Emmett, B., Hall, J., Sheppard, L., Smith, R., Sutton, M., Hicks, K., Ashmore, M., Haines-Young, R., Harper-Simmonds, L., 2014. A review and application of the evidence for nitrogen impacts on ecosystem services, *Ecosystem Services* 7, 76-88.
- Lindemann-Matthies, P., Briegel, R., Schüpbach, B., Junge, X., 2010. Aesthetic preference for a Swiss alpine landscape: The impact of different agricultural land-use with different biodiversity, *Landscape Urban Plann.* 98, 99-109.

- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J., Marchetti, M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems, *For. Ecol. Manage.* 259, 698-709.
- Mariotti, A., Zeng, N., Yoon, J. H., Artale, V., Navarra, A., Alpert, P., & Li, L. Z., 2008. Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations. *Environmental Research Letters*, 3(4), 044001.
- Martínez de Aragón, J., Bonet, J., Fischer, C., Colinas, C., 2007. Productivity of ectomycorrhizal and selected edible saprotrophic fungi in pine forests of the pre-Pyrenees mountains, Spain: predictive equations for forest management of mycological resources, *For. Ecol. Manage.* 252, 239-256.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M., Michlik, A., Leemans, R., Schröter, D., 2006. The Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change, *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, 69-86.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., Bieling, C., 2013. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level, *Land Use Policy* 33, 118-129.
- Real, E., Arce, C., Manuel Sabucedo, J., 2000. Classification of landscapes using quantitative and categorical data, and prediction of their scenic beauty in north-western Spain, *J. Environ. Psychol.* 20, 355-373.
- Reidsma, P., Tekelenburg, T., van den Berg, M., Alkemade, R., 2006. Impacts of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union, *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, 86-102.
- Schirpke, U., Leitinger, G., Tasser, E., Schermer, M., Steinbacher, M., Tappeiner, U., 2013a. Multiple ecosystem services of a changing Alpine landscape: past, present and future, *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 9, 123-135.
- Schirpke, U., Tasser, E., Tappeiner, U., 2013b. Predicting scenic beauty of mountain regions, *Landscape Urban Plann.* 111, 1-12.
- Schmitz, O.J., Barton, B.T., 2014. Climate change effects on behavioral and physiological ecology of predator-prey interactions: Implications for conservation biological control, *Biological Control* 75, 87-96.
- Schulp, C.J.E., Nabuurs, G., Verburg, P.H., 2008. Future carbon sequestration in Europe—Effects of land use change, *Agric. Ecosyst. Environ.* 127, 251-264.
- Schweiger, O., Biesmeijer, J.C., Bommarco, R., Hickler, T., Hulme, P.E., Klotz, S., Kühn, I., Moora, M., Nielsen, A., Ohlemüller, R., Petanidou, T., Potts, S.G., Pyšek, P., Stout, J.C., Sykes, M.T., Tscheulin, T., Vilà, M., Walther, G., Westphal, C., Winter, M., Zobel, M., Settele, J., 2010. Multiple stressors on biotic interactions: how climate change and alien species interact to affect pollination, *Biological Reviews* 85, 777-795.
- Senatore, A., Mendicino, G., Smiatek, G., Kunstmann, H., 2011. Regional climate change projections and hydrological impact analysis for a Mediterranean basin in Southern Italy, *Journal of Hydrology* 399, 70-92.
- Soliva, R., Hunziker, M., 2009. Beyond the visual dimension: Using ideal type narratives to analyse people's assessments of landscape scenarios, *Land Use Policy* 26, 284-294.
- Spring, D.A., Kennedy, J.O.S., Mac Nally, R., 2005. Optimal management of a forested catchment providing timber and carbon sequestration benefits: Climate change effects, *Global Environ. Change* 15, 281-292.
- Teixeira, Z., Teixeira, H., Marques, J.C., 2014. Systematic processes of land use/land cover change to identify relevant driving forces: Implications on water quality, *Sci. Total Environ.* 470-471, 1320-1335.

- Tengberg, A., Fredholm, S., Eliasson, I., Knez, I., Saltzman, K., Wetterberg, O., 2012. Cultural ecosystem services provided by landscapes: Assessment of heritage values and identity, *Ecosystem Services* 2, 14-26..
- Terrado, M., Acuña, V., Ennaanay, D., Tallis, H., Sabater, S., 2014. Impact of climate extremes on hydrological ecosystem services in a heavily humanized Mediterranean basin, *Ecol. Ind.* 37, Part A, 199-209.
- Tylianakis, J.M., Binzer, A., 2014. Effects of global environmental changes on parasitoid–host food webs and biological control, *Biological Control* 75, 77-86.
- Winfree, R., 2013. Global change, biodiversity, and ecosystem services: What can we learn from studies of pollination? *Basic Appl. Ecol.* 14, 453-460.