

**RICHTLINIEN
HOCHLAGEN-
BEGRÜNUNG**

**DIRECTIVES POUR
LA VÉGÉTALISATION
EN ALTITUDE**

**LINEE GUIDA PER
L'INVERDIMENTO
IN ALTA QUOTA**



**INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA**

Citazione suggerita:

Peters, M., K. Edelkraut, M. Schneider
& C. Rixen [2019]: Linee guida Hoch-
lagenbegrünung. Ingenieurbiologie
3:1-64. ISSN 1422-008

Indice dei contenuti

Autori



Monique Peters



Kirsten Edelkraut



Manuel Schneider



Christian Rixen

Foto di copertina:

Soden werden sorgfältig abgeschält für die Wiederverwendung (Foto: K. Edelkraut)

Les mottes sont soigneusement rabotées afin d'être réutilisées (photo: K. Edelkraut).

Le zolle vengono accuratamente preparate per il riutilizzo (Foto: K. Edelkraut)

Riassunto	8
1 Introduzione	11
1.1 Autori	11
1.2. Obiettivo	11
1.3. Applicazione	11
1.4 Utilizzo delle linee guida (contenuto, struttura e suddivisione)	12
2 Definizioni	13
2.1 Glossario	13
2.2. Abbreviazioni	16
3 Caratteristiche regionali e basi legali	17
3.1 Fattori del sito ad alta quota	17
3.2. Basi legali	22
4 Progettazione	23
4.1. Gli Stakeholder	23
4.2. Controllo qualità	24
4.3. Caratteristiche del sito	24
4.4 Vegetazione target	27
4.5 Scelta dei metodi di inverdimento	29
4.6 Appalto	30
4.7 Documentazione	30
4.8 Checklist	31
5 Lavori preliminari	32
5.1. Preparazione del cantiere	33
5.2. Protezione del suolo/umidità del suolo	33
5.3. Messa in sicurezza/deposito del materiale vegetale e del terreno	33
6 Realizzazione	35
6.1. Preparazione del suolo per il rinverdimento	35
6.2. Materiale vegetale	36
6.3. Tecniche di rinverdimento	39
6.4. Additivi	41
6.5. Tempistica dei lavori di rinverdimento	44
6.6. Cure finali	45
7 Collaudo e controllo dei risultati	46
7.1 Collaudo e presa in consegna dell'opera	46
7.2 Controllo dei risultati	47
8 Cure di avviamento/Lavori finali	48
8.1 Cure di avviamento	48
8.2 Semina e piantumazione successive	49
9 Uso successivo, Manutenzione	50
9.1 Criteri per lo sfruttamento	50
9.2 Sfalcio	50
9.3 Pascolazione	51
9.4 Riscarcimento per perdite di rendimento	51
10 Prospettive – Uno sguardo al passato e al futuro	52
11 Bibliografia	53

Ringraziamenti



INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und
Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen



Agroscope

temperatio

Stiftung für Umwelt | Soziales | Kultur



Paul Schiller Stiftung

Ringraziamenti

La presente nuova edizione della linea guida per l'inverdimento in alta quota è stata resa possibile grazie al generoso sostegno finanziario della Fondazione Paul Schiller, Zurigo, e della Fondazione Temperatio, Maur. Desideriamo inoltre ringraziare i membri del Gruppo di lavoro per l'inverdimento in alta quota per il loro regolare scambio di esperienze e per i preziosi contributi tecnici: Urs Müller (Begrünungen Hunn AG, Muri), Tobias Schmid (Otto Hauenstein Samen, Rafz), Markus Schutz (Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur) e Marc Lehmann (Eric Schweizer AG, Thun). Un ringraziamento speciale va anche alle seguenti persone per il loro sostegno: Bertil Krüsi, Igor Canepa (Swiss Helicopter SA, Gordola), Lukas Geser (Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach), Sybil Rometsch (Info Flora, Berna), L'Unione Svizzera dei Contadini, Brugg, Nina von Albertini (Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Reinach), gli autori della prima edizione delle linee guida, nonché Rolf Studer e Michel Jaeger per le traduzioni in francese e italiano.

Dank

Die vorliegende Neuauflage der Linien guida für Hochlagenbegrünung wurde ermöglicht durch die grosszügige finanzielle Unterstützung durch die Paul Schiller Stiftung, Zürich, und die Stiftung Temperatio, Maur. Wir danken weiter den Kollegen der Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung für den regelmässigen Erfahrungsaustausch und die wertvollen Anmerkungen: Urs Müller (Begrünungen Hunn AG, Muri), Tobias Schmid (Otto Hauenstein Samen, Rafz), Markus Schutz (Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur), und Marc Lehmann (Eric Schweizer AG, Thun). Weiter wird im Besonderen folgenden Personen für inhaltliche Unterstützung gedankt: Bertil Krüsi, Igor Canepa (Swiss Helicopter SA, Gordola), Lukas Geser (Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach), Sybil Rometsch (Info Flora, Bern), Schweizerischer Bauernverband, Brugg, Nina von Albertini (Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Reinach), den Autorinnen und Autoren der Erstauflage der Richtlinien sowie Rolf Studer und Michel Jaeger für die Übersetzungen ins Französische und Italienische.

Remerciements

La présente nouvelle édition des Directives pour la végétalisation en altitude a été rendue possible grâce au généreux soutien financier de la Fondation Paul Schiller, Zurich, et de la Fondation Temperatio, Maur. Nous tenons également à remercier les membres du Groupe de travail pour la végétalisation en altitude pour leurs échanges réguliers d'expériences et leurs précieuses contributions techniques: Urs Müller [Begrünungen Hunn AG, Muri], Tobias Schmid [Otto Hauenstein Samen, Rafz], Markus Schutz [Schutz Filisur Samen und Pflanzen AG, Filisur], et Marc Lehmann [Eric Schweizer AG, Thun]. Nous remercions également tout particulièrement les personnes suivantes pour leur soutien :

Bertil Krüsi [ZHAW, Wädenswil], Igor Canepa [Swiss Helicopter SA, Gordola], Lukas Geser [Stiftung Wirtschaft und Ökologie SWO, Schwerzenbach], Sybil Rometsch [Info Flora, Berne], Union Suisse des Paysans, Brugg, Nina von Albertini [Nina von Albertini Umwelt Boden Bau, Paspels], Stefan Birrer [Hintermann & Weber AG, Reinach], les auteurs de la première édition des directives, ainsi que Rolf Studer et Michel Jaeger pour les traductions en français et en italien.



Erosionsschutzvlies

Der ökologische Schutz aus Schweizer Holz.

Mögliche Einsatzgebiete:

- Hangsicherung, Böschungssicherung

Nutzen:

- Natürlicher Schutz gegen Wind- und Wassererosion
- Sorgt für einen sofortigen und anhaltenden Erosionsschutz
- Sorgt für ein optimales Klima (Temperatur, Licht, Wasser) und für einen mikroklimatischen Ausgleich
- Beeinflusst die Keimung des Saatguts positiv
- Einfach zu verlegen
- Biologisch abbaubar, verrottet zu Humus
- Unbeschränkt haltbar

Howolis Erosionsschutzvliese werden aus 100% Schweizer Holz hergestellt - mit einer nachhaltigen und umweltschonenden Ökobilanz (FSC®, PEFC, HSH-zertifiziert).



Lindner Suisse GmbH
Bleikenstrasse 98
CH-9630 Wattwil
Phone +41 (0) 71 987 61 51
Fax +41 (0) 71 987 61 59
holzwohle@lindner.ch | www.lindner.ch



www.facebook.com/Howolis



Premessa

La prima versione delle linee guida, pubblicata dodici anni fa nell'edizione 2/2008 della presente rivista di Ingegneria naturalistica, ha dato un importante contributo alla diffusione delle conoscenze attuali. Includeva raccomandazioni per la pianificazione e la realizzazione di progetti d'inverdimento in alta quota di successo nella regione alpina. In questo modo è stato mostrato ai progettisti, ai committenti e alle autorità che anche le piante possono dare un valido contributo alla stabilizzazione durevole delle opere o di altri interventi antropici nella regione alpina. Nel frattempo i progetti sono stati realizzati e le piante sono cresciute allo stesso tempo delle conoscenze per il loro utilizzo corretto e adattato al sito.

I nuovi risultati della ricerca nonché l'esperienza acquisita dalla pubblicazione della prima linea guida dodici anni fa sono stati integrati nella presente versione con ausili decisionali per la scelta di metodi, materiali vegetali e additivi adatti. In questo modo le linee guida si adattano ancora meglio alle esigenze per metterle in pratica le raccomandazioni.

La prefazione della prima edizione di queste linee guida dell'allora presidente Rolf Studer è ancora valida. Le condizioni estreme della regione alpina portano ad un massiccio rallentamento di processi come la formazione del suolo e la crescita delle piante. La formazione di un prato alpino richiede quindi periodi di tempo molto lunghi. Per poter rimediare più rapidamente agli effetti degli interventi costruttivi è necessaria una solida conoscenza degli ecosistemi alpini. Insieme alle istruzioni pratiche per intervenire, queste conoscenze vengono divulgate nel presente lavoro. All'inizio si pone l'attenzione sull'utilizzo di un linguaggio uniforme in modo che gli attori coinvolti possano comunicare di conseguenza. Il quadro giuridico e le condizioni del luogo sono le fondamenta di ogni progetto. Una solida progettazione è infatti essenziale per una buona esecuzione. Gli attori e gli elementi del progetto vengono spiegati in dettaglio e servono poi a pianificare il lavoro preparatorio nonché un'esecuzione mirata e rispettosa dell'ambiente, che tiene conto di tutti gli aspetti rilevanti per l'inverdimento. Il collaudo di un progetto di rinverdimento si basa sul presupposto che la vegetazione si sviluppi nella giusta direzione, quella pianificata, tenendo comunque conto di possibili misure di manutenzione. Questo sviluppo è monitorato da regolari controlli dei risultati, anche dopo la presa a carico del lavoro da parte della committenza (o futura responsabile), fino al raggiungimento dell'obiettivo di rinverdimento. Se necessario, dovranno essere implementati dei miglioramenti.

Gli autori e i membri del gruppo di lavoro per l'inverdimento in alta quota («Arbeitsgruppe für Hochlagenbegrünung» AGHB) dell'associazione per l'ingegneria naturalistica hanno svolto un lavoro notevole. Quest'opera troverà cer-

tamente il suo meritato posto nei progetti di rinverdimento e rivitalizzazione in alta quota, settore nel quale, grazie all'instancabile impegno di tutte le persone coinvolte, c'è un ampio consenso.

Giovanni De Cesare, Presidente dell'Associazione svizzera di ingegneria naturalistica.

Vorwort

Die erste Version der vorliegenden Linee guida, herausgegeben vor zwölf Jahren im Heft Ingenieurbilogie 2/2008, leistete mit Empfehlungen für die Projektierung und Realisierung von erfolgreichen Hochlagenbegrünungen im alpinen Raum einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung von aktuellem Wissen. Es wurde auf diese Weise den planenden Ingenieuren, den Auftraggebern sowie den Behörden veranschaulicht, dass Pflanzen auch im alpinen Raum einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Stabilisierung von Bauwerken oder anderweitigen menschlichen Eingriffen leisten können. Projekte wurden ausgeführt, die Pflanzen sind in der Zwischenzeit gewachsen, und die Kenntnisse zu deren folgerichtigen und standortangepassten Einsatz ebenfalls. Neue Erkenntnisse aus der Forschung sowie die Erfahrungen, welche seit dem Erscheinen der ersten Richtlinie vor zwölf Jahren gemacht wurden, sind in der vorliegenden Version ergänzt durch Entscheidungshilfen für die Wahl der geeigneten Methoden, Pflanzenmaterialien und Zusatzstoffen. Dadurch werden die Linee guida noch besser an die Bedürfnisse bei der Umsetzung angepasst.

Das Vorwort der ersten Ausgabe dieser Linee guida vom damaligen Präsidenten Rolf Studer hat immer noch seine Gültigkeit. Die extremen Bedingungen im alpinen Raum führen zu einer massiven Verlangsamung von Prozessen wie Bodenbildung und Pflanzenwachstum. Die Bildung eines alpinen Rasens benötigt daher sehr lange Zeiträume. Um die Auswirkungen von baulichen Eingriffen schneller beheben zu können, braucht es fundierte Kenntnisse der alpinen Ökosysteme. Zusammen mit praktischen Handlungsanweisungen werden diese im vorliegenden Werk vermittelt.

Eingangs wird auf eine einheitliche Sprachregelung geachtet, damit die Beteiligten sich entsprechend verständigen können. Der rechtliche Rahmen sowie die Standortbedingungen sind die Grundpfeiler eines jeden Projektes. Eine gute Projektierung ist für einen reibungslosen Ablauf bei der Ausführung unerlässlich. Die Akteure und Elemente der Projektierung werden infolge eingehend dargelegt und dienen alsdann der Planung der Vorbereitungsarbeiten und der umweltschonenden, zielgerechten Ausführung, welche alle begrünungsrelevanten Aspekte berücksichtigt. Mit der Abnahme einer Begrünung geht man davon aus, dass

die Entwicklung der Vegetation unter Berücksichtigung allfälliger Unterhaltmassnahmen in die richtige (geplante) Richtung geht. Mit regelmässigen Erfolgskontrollen wird diese Entwicklung auch nach der Werkabnahme bis zum Erreichen des Begrünungsziels überwacht. Allenfalls sind Nachbesserungen erforderlich.

Die Autoren sowie die Mitglieder der Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung (AGHB) des Vereins haben eine bemerkenswerte Arbeit geleistet. Dieses Standardwerk findet sicherlich seinen verdienten Platz bei Begrünungs- und Revitalisierungsprojekten in Hochlagen, wo dank dem unermüdlichen Einsatz aller Beteiligten ein breiter fachinterner Konsens besteht.

Giovanni De Cesare, Präsident des Schweizerischen Vereins für Ingenieurbilogie

Avant-propos

La première version des présentes directives, publiée il y a douze ans dans le numéro 2/2008 de notre bulletin Génie biologique, a apporté une contribution importante à la diffusion des connaissances actuelles avec des recommandations pour la planification et la réalisation de projets de végétalisation en altitude dans l'arc alpin. De cette manière, il a été démontré aux ingénieurs en charge des planifications, aux maîtres d'ouvrage et aux autorités que les plantes peuvent apporter une contribution précieuse à la stabilisation durable des ouvrages ou à d'autres interventions humaines également en région alpine. Des projets ont été réalisés, les plantes ont entre-temps poussé et les connaissances nécessaires à leur engagement cohérent et adapté à la station ont également été acquises.

Les nouvelles connaissances issues de la recherche et les expériences acquises depuis la publication des premières directives il y a douze ans ont été complétées dans la présente version par des aides à la décision pour la sélection des méthodes, des matériaux végétaux et des additifs appropriés. Ainsi, les directives sont encore mieux adaptées aux besoins de la mise en œuvre.

L'avant-propos de la première édition de ces directives par le président de l'époque, Rolf Studer, est toujours valable. Les conditions extrêmes en région alpine entraînent un ralentissement massif des processus tels que la formation des sols et la croissance des plantes. La formation d'une pelouse alpine nécessite donc de très longues périodes de temps. Afin de pouvoir remédier plus rapidement aux effets des interventions structurelles, une bonne connaissance des écosystèmes alpins est nécessaire. Ces connaissances, ainsi que des instructions pratiques de mise en œuvre, sont transmises dans cet ouvrage.

Pour débiter, on veille à utiliser un langage uniforme afin

que les participants puissent communiquer en conséquence. Le cadre juridique et les conditions du site sont les pierres angulaires de chaque projet. Une bonne planification des projets est essentielle pour une exécution sans heurts. Les acteurs et les éléments de la planification du projet sont expliqués en détails et servent ensuite à planifier les travaux préparatoires et l'exécution ciblée et respectueuse de l'environnement, tenant compte de tous les aspects pertinents pour la végétalisation. L'acceptation d'un projet de végétalisation repose sur l'hypothèse que le développement de la végétation va dans la bonne direction [planifiée], en tenant compte des éventuelles mesures d'entretien. Cette évolution est suivie par des contrôles d'efficacité réguliers, également après l'acceptation des travaux, jusqu'à ce que l'objectif de végétalisation soit atteint. Des retouches peuvent éventuellement être nécessaires.

Les auteurs ainsi que les membres du Groupe de travail pour une végétalisation en altitude [Arbeitsgruppe Hochlagenbegrünung AGHB] de l'Association ont accompli un travail remarquable. Ce travail de référence trouvera certainement sa place méritée dans les projets de végétalisation et de revitalisation en altitude, où il existe, grâce aux efforts inlassables de tous les acteurs concernés, un large consensus interne.

Giovanni De Cesare, président de l'Association suisse pour le génie biologique.



Unser Beratungs- und Ausführungsteam begleitet Ihre Projekte mit 55 Jahren Know-how.

- 
Ansaat
 Wir begrünen alle Flächen und Böschungen in jedem Gelände und an jedem Standort.
- 
EcoTex®-Geotextilien als Erosionsschutz
 Wir liefern und verlegen Geotextilien aus Kokosfasern oder Jute; natürlich und biologisch abbaubar.
- 
Sedummatten
 Sie suchen vorkultivierte, sofort verlegbare Sedummatten für die extensive Begrünung von Böschungen, Verkehrsinseln, Garten- und Rasenabschlüssen oder Garagen und Carports? Wir liefern sie.
- 
Ingenieurbiologie
 Wir sind Ihr Ansprechpartner für verschiedene Stützkonstruktionen für Uferzonen und Böschungen.

Mehr Informationen und interessante Referenzobjekte finden Sie auf unserer Internetseite www.hydrosaat.ch.

Senden Sie uns eine Mail an hydrosaat@hydrosaat.ch oder rufen Sie uns an unter 026 322 45 25. Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme!



Riassunto

Gli ecosistemi in alta quota sono habitat sensibili che meritano di essere protetti. Le costruzioni, l'uso agricolo inappropriato e gli sport invernali possono lasciare cicatrici, risanabili però con adeguate misure d'inverdimento. Oltre a proteggere il suolo dall'erosione, l'impianto di vegetazione non deve solo preservare l'attrattiva del paesaggio, bensì anche la ricca biodiversità che si adatta perfettamente alle condizioni alpine. Inoltre, la legge prevede il risanamento nel caso che gli habitat degni di protezione con specie rare o minacciate vengano compromessi.

Le condizioni del luogo ad altitudini alpine e subalpine permettono ai processi biologici e chimici di procedere solo lentamente. Le basse temperature, il vento o l'erosione del suolo portano ad una formazione del suolo molto lenta. La conseguente bassa capacità di stoccaggio dell'acqua e la limitata disponibilità di nutrienti ostacolano ulteriormente la crescita delle piante. Lo sviluppo e la formazione dell'attuale copertura vegetale è dunque il risultato di processi molto lunghi.

Dopo un disturbo causato da interventi costruttivi o da eventi naturali, la vegetazione ad alta quota si riprende solo molto lentamente. Inoltre, la maggior parte delle specie vegetali a questa altitudine si diffonde principalmente per via vegetativa e meno per seme. È pertanto estremamente importante proteggere la vegetazione esistente e reintrodurla nel miglior modo possibile. Un altro punto importante è l'aspetto della protezione del suolo: solo un terreno invadito è protetto in modo ottimale da influssi come l'erosione e il dilavamento.

Negli ultimi anni, le procedure per il ripristino di una vegetazione adeguata al luogo nella regione alpina sono diventate sempre più importanti. I migliori risultati possibili si ottengono riutilizzando direttamente la copertura vegetale del luogo sotto forma di zolle, se necessario con stoccaggio intermedio. La semina è inevitabile se non si riesce a rimuovere nessuna o troppe poche zolle. Il seme può essere applicato bagnato o asciutto. La miscela di semi deve essere regionale, adattata alla zona e non deve contenere specie non autoctone. Additivi come colla o pacciamatura aiutano il seme a germogliare e ad affermarsi. I semi sono spesso seminati in tardo autunno come semi dormienti in modo che possano germinare in primavera in condizioni ottimali.

Per evitare danni ecologici ed economici a lungo termine, vale la pena realizzare inverdimenti in alta qualità che offrano una buona protezione contro l'erosione e che tengano il più possibile conto delle esigenze di tutela della natura e del paesaggio. Questi devono infatti essere già previsti nella pianificazione del progetto.

Parole chiave

rinverdimento in alta quota, adeguato al luogo, rinaturazione, ingegneria naturalistica, regioni ad alta quota, habitat, alpino, erosione, valore paesaggistico, valore naturalistico

Zusammenfassung

Ökosysteme in Hochlagen sind empfindliche und schützenswerte Lebensräume. Baumassnahmen, unsachgemässe landwirtschaftliche Nutzung und der Wintersport können Narben hinterlassen, welche durch angepasste Begrünungsmassnahmen zu beheben sind. Neben dem Schutz des Bodens vor Erosion sollen Begrünungen nicht nur die landschaftliche Attraktivität, sondern auch die reiche, perfekt an die alpinen Verhältnisse angepasste Artenvielfalt erhalten. Bei Beeinträchtigungen von schutzwürdigen Lebensräumen mit seltenen oder gefährdeten Arten wird die Wiederherstellung auch vom Gesetzgeber vorgeschrieben.

Die Standortbedingungen der alpinen und subalpinen Höhenstufen lassen biologische und chemische Prozesse nur langsam ablaufen. Tiefe Temperaturen, Wind oder Bodenerosion führen zu sehr langsamer Bodenbildung. Die dadurch geringe Wasserspeicherkapazität und Nährstoffverfügbarkeit erschweren das Pflanzenwachstum. Die Entwicklung und Etablierung der heutigen Vegetationsdecke ist das Resultat von sehr lang andauernden Prozessen. Nach einer Störung durch bauliche Eingriffe oder durch natürliche Ereignisse erholt sich die Vegetation in Hochlagen nur sehr zögerlich. Zudem breiten sich die meisten Pflanzenarten in dieser Höhenlage vorwiegend vegetativ und weniger über Samen aus. Es ist daher äusserst wichtig, die bestehende Vegetation zu schützen und bestmöglich wiederanzulegen. Ein weiterer bedeutsamer Punkt ist der Aspekt des Bodenschutzes: Nur bewachsener Boden ist gegen Einflüsse wie Erosion und Auswaschung optimal geschützt.

In den letzten Jahren haben Verfahren zur Wiederherstellung einer standortgerechten Vegetation im Alpenraum weiter an Bedeutung gewonnen. Bestmögliche Resultate erzielt man mit der direkten Wiederverwendung der intakten Pflanzendecke in Form von Soden, wenn nötig mit Zwischenlagerung. Aussaaten sind unumgänglich, wenn keine oder zu wenig Soden abgeschält werden können. Das Saatgut kann nass oder trocken aufgebracht werden. Die Samenmischung sollte regional sein, dem Standort angepasst und keine gebietsfremden Arten enthalten. Zusatzstoffe wie Kleber oder Mulch helfen bei der Keimung und Etablierung der Saat. Häufig werden Aussaaten im Spätherbst als Schlafsaat ausgebracht, damit sie im Frühjahr bei optimalen Bedingungen keimen.

Um langfristig ökologischen und auch wirtschaftlichen

Schaden zu vermeiden, lohnt es sich, qualitativ hochstehende Begrünungen zu realisieren, welche einen guten Erosionsschutz bieten und die Anliegen von Natur- und Landschaftsschutz grösstmöglich berücksichtigen. Diese müssen bei der Projektplanung bereits vorgesehen werden.

Keywords

Hochlagenbegrünung, standortgerecht, Renaturierung, Ingenieurbiologie, Hochlagen, Lebensraum, alpin, Erosion, Landschaftswert, Naturwert

High elevation restoration, high altitude restoration site-specific, restoration, bioengineering, high elevation, high altitude, habitat, alpine, erosion, landscape value, natural value

Résumé

Les écosystèmes en altitude sont des habitats sensibles et dignes de protection. Les mesures de construction, l'exploitation agricole inappropriée et les sports d'hiver peuvent laisser des cicatrices qui peuvent être résorbées par des mesures de végétalisation appropriées. En plus de protéger le sol de l'érosion, la végétalisation doit non seulement préserver l'attrait du paysage, mais aussi la riche biodiversité parfaitement adaptée aux conditions alpines. Lorsque des habitats dignes de protection abritant des espèces rares ou menacées sont endommagés, la loi exige également leur restauration.

Les conditions des sites en stations alpines et subalpines permettent uniquement un développement plus lent des processus biologiques et chimiques. Les basses températures, le vent ou l'érosion des sols entraînent une formation très lente des sols. La faible capacité de stockage de l'eau et la disponibilité des éléments nutritifs qui en résulte entravent la croissance des plantes. Le développement et l'établissement de la couverture végétale actuelle sont le résultat de processus très durables.

Après un dérangement causé par des interventions structurelles ou des événements naturels, la végétation en haute altitude tarde à se rétablir. De plus, la plupart des espèces végétales à cette altitude se propagent principalement par voie végétative et moins par les semences. Il est extrêmement important de protéger la végétation existante et de la réintroduire de la meilleure façon possible. Un autre aspect important est la protection des sols : seul un sol végétalisé est protégé de manière optimale contre des influences telles que l'érosion et l'affouillement.

Ces dernières années, les procédures de restauration de la végétation adaptée aux stations alpines ont gagné en importance. Les meilleurs résultats possibles sont obtenus en réutilisant directement la couverture végétale intacte

sous forme de mottes, si nécessaire avec un stockage intermédiaire. Les semis sont inévitables si l'on ne peut pas, ou en quantité insuffisante, préparer les mottes de gazon. Les semences peuvent être appliquées de façon humide ou sèche. Le mélange de semences doit être régional, adapté à la station et ne pas contenir d'espèces non indigènes. Des additifs tels que la colle ou du mulch aident la graine à germer et à s'établir. Les semis sont souvent effectués à la fin de l'automne comme semis dormants afin que la germination se fasse au printemps dans des conditions optimales.

Afin d'éviter des dommages écologiques et économiques à long terme, il est intéressant de mettre en place une végétalisation de haute qualité offrant une bonne protection contre l'érosion et tenant compte autant que possible des préoccupations de la protection de la nature et du paysage. Celles-ci doivent déjà être prévues lors de la planification du projet.

Mots-clés

Végétalisation en altitude, adapté à la station, renaturation, génie biologique, stations d'altitude, habitat, alpin, érosion, valeur du paysage, valeur naturelle.



Begrünungen Hunn
Mit der Natur als Partner

Begrünungen
Samenmatten
Sedummatten

Erosionsschutz
und
Böschungsbegrünung

Begrünungen Hunn AG
Pilatusstrasse 14, 5630 Muri
www.begrueenungen-hunn.ch

1 Introduzione

1.1 Autori

Il gruppo di lavoro per l'inverdimento in alta quota (AGHB) esiste dal 1996 come gruppo specializzato dell'Associazione svizzera per l'ingegneria naturalistica. Si impegna a promuovere l'inverdimento ecologico e adeguato al luogo in alta quota. La prima versione delle linee guida era stata sviluppata in collaborazione con il gruppo di ricerca sulla pianificazione ambientale dell'Università di Scienze Applicate di Zurigo (ZHAW) a Wädenswil, includendo una tesi di diploma e una tesi di fine semestre, ed era stata sostenuta finanziariamente e dal punto di vista organizzativo dall'Ufficio federale dell'ambiente, Divisione prevenzione dei pericoli.

Questa seconda versione, completamente rivista e ampliata, è stata redatta dal gruppo di ricerca sugli ecosistemi di montagna dell'istituto WSL per lo studio della neve e delle valanghe WSL dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio di Davos (WSL), includendo i risultati della ricerca della ZHAW di Wädenswil e del gruppo di ricerca Foraggicoltura e sistemi di superfici inerbite di Agroscope, con il supporto e la consulenza tecnica dei membri dell'AGHB.

1.2. Obiettivo

Le linee guida hanno lo scopo di definire gli standard per migliorare la qualità dell'inverdimento in alta quota. Le autorità responsabili delle autorizzazioni e delle concessioni hanno a disposizione uno strumento su cui possono basare la loro valutazione dei progetti in alta quota. Questo ne permette l'applicazione uniforme in tutta la Svizzera. Inoltre, le linee guida sostengono tutti i partner di progetto nella pianificazione e nella realizzazione dell'inverdimento in alta quota. L'obiettivo è di ottenere in modo efficiente un rinverdimento duraturo ed ecologicamente soddisfacente, anche in modo da evitare costi successivi di risanamento dovuti a danni da erosione.

1.3. Applicazione

Queste linee guida si applicano principalmente alle zone d'alta quota nelle Alpi svizzere. Secondo la seguente definizione, le alte quote sono aree dei livelli subalpino, alpino e nivale, che si trovano nelle Alpi svizzere al di sopra di circa 1500 m sul livello del mare. Le linee guida tengono conto delle condizioni quadro giuridiche e geografiche della regione alpina svizzera. Tuttavia, in generale, possono essere applicate anche in zone d'alta quota al di fuori della Svizzera.

1.4 Utilizzo delle linee guida [contenuto, struttura e suddivisione]

Per rispondere alle diverse esigenze, sono state redatte due versioni. La versione lunga e completa serve come documentazione di riferimento, mentre la versione corta è una Checklist da usare in cantiere.

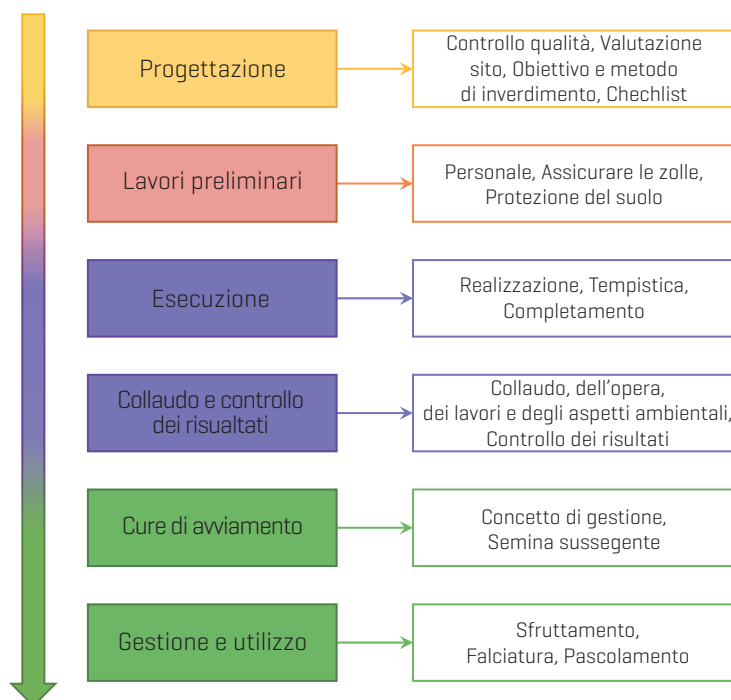


Figura 1: Schema delle tappe di un inverdimento. L'ordine corrisponde alla struttura delle linee guida.

La versione completa contiene raccomandazioni dettagliate per la pratica con grafici e illustrazioni per tutte le fasi di progetto, dalla pianificazione al controllo dei risultati, passando per la fase esecutiva e il collaudo. La suddivisione codificata a colori delle singole fasi di progetto serve a facilitarne l'uso [Figura 1]. Con riferimento alla letteratura e alle esperienze dei membri dell'AGHB, vengono mostrate varie possibilità per le singole aree tematiche. Dove i casi speciali non richiedono una valutazione individuale, gli utenti troveranno raccomandazioni adeguate per la maggior parte delle situazioni.

2 Definizioni

La letteratura contiene un gran numero di termini tecnici che non sempre vengono utilizzati in modo uniforme. Il glossario presente definisce i termini principali quanto utilizzati nelle linee guide presenti.

2.1 Glossario

Alta quota

Le alte quote sono fasce di altitudine dei piani subalpino, alpino e nivale. Nelle Alpi svizzere, le alte quote iniziano ca. sopra i 1500 m sul livello del mare.

Aggregato

Un aggregato di suolo è il risultato di una cementazione di componenti minerali con materia organica viva e morta [Nievergelt et al. 2002]. Aggregati stabili sono elementi essenziali della matrice del suolo e della struttura dei pori. Sono il requisito fondamentale per una buona capacità di ritenzione idrica e di nutrienti del suolo [Graf et al. 2017].

Associazione climax

Stato definitivo delle successioni (vedi pag. 16). Uno stato permanente stabile, ma per lo più dinamicamente oscillante e fluttuante di un sistema biologico autosufficiente in condizioni climatiche costanti [Schaefer 2012].

Biodiversità

La biodiversità comprende la ricchezza di specie di animali, piante, funghi e microrganismi, la varietà genetica all'interno delle diverse specie, la diversità degli habitat e le interazioni all'interno e tra questi livelli [UFAM 2017].

Clima

Il clima, chiamato anche macroclima per distinguerlo dal microclima locale, si riferisce ai processi meteorologici tipici e allo stato dell'atmosfera su un determinato periodo di tempo. Al contrario, i fenomeni attuali sono definiti come meteo [Körner et al. 1989].

Cultivar

Le cultivar sono piante che sono state specificamente selezionate dall'uomo per determinate caratteristiche, che poi risultano in una varietà con il nome corrispondente. Nella foraggicoltura, per esempio, l'obiettivo è quello di ottenere una massa fogliare elevata e pochi germogli. Ad alta quota, le cultivar sono utilizzate solo per il ripristino di terreni agricoli coltivati [prati intensivi]. Le specie selvatiche sono utilizzate per rinverdimenti prossimi allo stato naturale.

Ecotipo

Gli ecotipi sono varianti genetiche di una specie vegetale risultanti dalla selezione naturale, che si sono adattate in modo ottimale alle condizioni ambientali locali della loro posizione nella loro area di distribuzione geografica [Dierssen 1990]. Sono anche chiamate forme selvatiche, in contrasto con le forme coltivate. Le sementi degli ecotipi vengono propagate senza alcun tipo di selezione [Bosshard et al. 2013].

Fattore del sito

I fattori del sito sono condizioni fisse sul campo per determinati periodi di tempo, come il clima, il rilievo, la disponibilità di nutrienti e acqua o il tipo di suolo, ma anche influenze biotiche da parte di altri organismi come l'ombreggiamento, la competizione, i predatori o le simbiosi [Wagenitz 2003, Körner 2014].

Fiorume

Con «fiorume» si intende il materiale ricco di semi che si accumula e viene raccolto sul fondo dei fienili. Il materiale più vecchio di due o tre anni non è adatto, poiché la capacità di germinazione dei semi diminuisce rapidamente [Sengl et al. 2014]. Il fiorume di prati naturali estensivi fino a circa 2000 m di altitudine è il più adatto alla semina in alta quota.

forme coltivate [cultivar]

Le sementi commerciali sono prodotte in aziende specializzate e solitamente vengono vendute come miscele standardizzate. A seconda delle caratteristiche, possono contenere ecotipi o forme coltivate [cultivar] di origini diverse. Si fa una distinzione tra l'idoneità ecologica [adatta alle condizioni locali/non locale] e l'origine geografica [locale/regionale/CH/estero]. Ogni azienda di sementi usa i suoi marchi e nomi di prodotti.

Grado di copertura della vegetazione

Il grado di copertura è la proiezione verticale di tutte le parti aeree di una pianta sull'area campione come percentuale dell'area totale di campionamento. Nel caso di una vegetazione chiusa multistrato, la somma della copertura può superare il 100% [Wagenitz 2003]. alta quota.

Inverdimento diretto

Nell'inverdimento diretto, le sementi di una superficie donatrice [prato fonte] vengono raccolte in modo adeguato e sparse sull'area ricevente, senza propagazione intermedia. Possono essere trasferiti l'erba appena tagliata, il fieno o i semi raccolti [Agridea 2015].

Locale

Le piante o le sementi devono provenire dalla stessa valle o unità di paesaggio in un raggio di 30 km e un dislivello massimo di 300 m [Agridea 2015].

Matrice solida del terreno

La struttura solida del suolo consiste nel substrato solido del terreno senza pori [Hintermaier-Erhard und Zech 1997].

Macrorilievo

Il macrorilievo descrive forme di terreno su larga scala come pianure, valli, montagne o colline [Blume et al. 2010].

Microclima

Il microclima è influenzato, tra l'altro, da pendenza, topografia, ombra e composizione del suolo [Wagenitz 2003], ma anche dalla pianta stessa [Körner 2014]. Può differire notevolmente dal macroclima in un luogo definito.

Microrilievo

Per microrilievo si intendono le forme del terreno su piccola scala. Queste possono essere ad esempio piccole erosioni e solchi, gobbe, gradini o terrapieni, ma anche piccole irregolarità della superficie [Blume et al. 2010].

Micorriza

La micorriza è una simbiosi tra piante e funghi, per cui il fungo vive sulle o nelle loro radici e forma una rete fungina nel suolo [Mertz 2008]. I funghi micorrizici arbuscolari possono essere utilizzati nel rinverdimento con le piante erbacee [Schmid et al. 2005]. Grazie ai funghi, le piante beneficiano di un migliore assorbimento dei nutrienti e hanno una migliore protezione contro i parassiti delle radici [Townsend et al. 2009]. La crescita delle radici viene stimolata. I fili fungini finemente ramificati, insieme alle radici, stabilizzano il terreno e contribuiscono significativamente alla formazione degli aggregati [Graf et al. 2017]. La diversità di specie delle piante vascolari dipende anche dalla diversità delle specie fungine locali tipiche nel suolo [van der Heijden et al. 1998, van der Heijden et al. 2016].

Neofite

Le neofite sono piante alloctone che sono state intenzionalmente o involontariamente introdotte da altre aree e si sono stabilite in modo permanente nei loro nuovi luoghi. Le neofite invasive proliferano e danneggiano la biodiversità nativa, possono distruggere le infrastrutture e mettere in pericolo la salute umana [Nentwig 2011].

Per alcune delle neofite invasive presenti in Svizzera, ci sono delle basi legali per impedire la loro diffusione. Le neofite invasive che sono sulla lista nera o sulla Watch list non possono essere tollerate in rinverdimenti d'alta quota prossimi allo stato naturale.

Orizzonte pedologico

Gli orizzonti del suolo sono una sequenza di strati sopra la roccia madre, che differiscono nelle loro proprietà e sono stati formati dalla formazione del suolo [da Kretzschmar 2017].

Orizzonte pedologico

Un orizzonte pedologico è uno strato del suolo che si distingue nella struttura e nella composizione dagli strati al di sopra e al di sotto di esso. Un orizzonte si forma con la formazione del suolo [Kretzschmar 2017].

Pendenza

La pendenza indica l'inclinazione o l'angolo di un pendio. Viene espressa in gradi, percentuali o come rapporto. Un riassunto delle modalità di conversione si trova nel capitolo 3.1 sotto la voce «Caratteristiche del sito e del suolo». [vedi anche figura 3]. In queste linee guida, la pendenza è espressa in percentuale.

Pori del terreno

I pori possono essere riempiti con acqua o aria e costituiscono circa la metà del volume del suolo.

Si fa una distinzione tra pori grossolani, che servono per aerare e assorbire le precipitazioni pesanti, pori medi, che immagazzinano l'acqua disponibile per le piante, e pori fini [Kretzschmar 2017]. I pori fini immagazzinano anche l'acqua, ma questa non è accessibile alle radici delle piante, a differenza dei filamenti fungini, perché l'acqua è troppo fortemente legata nei minuscoli pori [forza capillare]. [Schmid et al. 2005, Graf et al. 2017].

Regionale

Regionale si riferisce all'origine. Per la Svizzera sono state definite delle regioni biogeografiche, ulteriormente suddivise in regioni e sottoregioni principali. Questi tengono conto delle presenze di specie vegetali e faunistiche [Gonseth et al. 2001]. Le sementi regionali sono raccolte e seminate entro i confini di una regione d'origine definita.

Rinverdimento in alta quota

Per rinverdimento in alta quota si intende il ripristino e la costituzione di una vegetazione adatta al sito ad alte quote. Di regola, se sfruttata in modo estensivo o se non viene utilizzata, si mantiene da sola e in modo permanente. Non necessita ulteriori misure di manutenzione rispetto allo sfruttamento precedente, ad eccezione di cure di avviamento per la crescita e lo sviluppo iniziale [Krautzer et al. 2000].

Rinverdimento con zolle (trapianto)

Nel trapianto di zolle, in modo analogo al trasferimento diretto, la copertura vegetale esistente viene accuratamente staccata in zolle dalla superficie fonte. Queste sono temporaneamente immagazzinate e successivamente ripiantate.

Sementi a favore della vegetazione prevista

Alcune specie consociate con una durata di vita corta sono possibili componenti della miscela di sementi. Vengono aggiunte con l'obiettivo di favorire lo sviluppo del tipo di vegetazione appropriato al sito previsto, ma in seguito non essere più un componente di questo tipo di vegetazione [Krautzer et al. 2006]. Se non si può fare a meno di queste specie, si raccomanda, se possibile, di usare semi regionali [vedi 6.1].

Sentieri del bestiame (in tedesco: Treie)

I «Treie» sono sentieri ben battuti e resi percorribili dal bestiame. I sentieri delle mucche corrono spesso paralleli al pendio o con una leggera pendenza [da Schweizerisches Idiotikon].

Sito (Stazione)

La stazione è determinata dalla somma delle caratteristiche del sito che influenzano un organismo. In contrasto con la posizione geografica, la stazione si riferisce alla situazione ecologica, cioè alle condizioni ambientali abiotiche e biotiche [Wagenitz 2003].

Specie alloctone

Le specie alloctone (aliene) sono specie che non hanno presenze spontanee e allo stesso tempo permanenti in un determinato sito/regione/stazione [LUBW 2009].

Specie autoctone (tipiche del luogo)

Le specie autoctone adatte al luogo sono quelle tipicamente presenti in una data regione con le sue caratteristiche e condizioni [Krautzer e Graiss 2015]. La loro presenza indica la media dei fattori biotici e abiotici prevalenti nel sito.

Strato di terra superficiale (Orizzonte A)

L'orizzonte A è lo strato più superficiale del suolo, spesso da pochi centimetri a circa 30 cm [Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007]. Di solito è di colore scuro, ricco di materia organica morta e di organismi viventi, densamente radicato, permeabile e strutturato da aggregati. In generale, per definirlo si usa anche il termine «humus» [Bellini 2015].

Suolo grezzo o poco trasformato

Nei suoli grezzi, l'erosione chimica e l'arricchimento della materia organica non hanno ancora o quasi avuto luogo. Di conseguenza, non hanno un orizzonte B e hanno al massimo un orizzonte A molto debolmente sviluppato [Kretzschmar 2017].

Un suolo grezzo è ricco di pori grossolani e quindi ha una bassa capacità di immagazzinare acqua [Blume et al. 2010]. Non ci sono o quasi nutrienti disponibili per le piante [Kretzschmar 2017].

Strato minerale del suolo (Orizzonte B)

Lo strato minerale è lo strato meno radicato e abitato sotto l'humus in cui avviene la formazione del suolo. In terreni profondi è spesso da 60 a 80 cm, in terreni poco profondi meno di 30 cm oppure risulta assente.

Il strato minerale del suolo serve da serbatoio per l'acqua e le sostanze nutritive [Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007].

Successione

La successione descrive la sequenza di stadi nello sviluppo di una biocenosi in un sito, che può portare allo stadio definitivo [climax]. La composizione delle specie risulta dalle rispettive condizioni della stazione e dallo sviluppo precedente [Kreeb 1994, Willmanns 1998].

Trasferimento diretto

Nel trasferimento diretto, la vegetazione esistente viene accuratamente rimossa insieme allo strato superiore di terreno radicato. Le zolle così ottenute vengono direttamente riutilizzate in un altro sito senza stoccaggio intermedio [Marti et al. 2016].

Valore del paesaggio

Il valore del paesaggio tiene conto dei valori estetico-visivi e fisico-sensuali così come dei valori ecologici e culturali di un paesaggio [ANU 2018].

Valore naturale

Il valore naturale descrive il valore di un paesaggio in termini di presenza di habitat, animali e specie vegetali degni di protezione nonché la prossimità allo stato naturale [Bühler et al. 2015].

Vegetazione target

La vegetazione target è la vegetazione definita quale obiettivo del rinverdimento. Di solito, l'obiettivo è quello di ripristinare la vegetazione originale presente prima di un intervento strutturale. Se questo non fosse possibile [per esempio a causa di un dissodamento] o auspicabile [per es. precedenti inverdimenti difettosi o stadi vegetativi dovuti all'uso], la vegetazione target deve essere definita in anticipo. Secondo le linee guida per il rinverdimento in alta quota le specie alloctone o quelle per consociazioni che favoriscono uno sviluppo iniziale rapido non sono ammesse nella vegetazione definitiva.

Zolla

Una zolla di terreno [o zolla/piota erbosa] si riferisce a un pezzo compatto staccato della copertura vegetale originale, comprese le radici e il terriccio.

2.2 Abbreviazioni

AAL	Accompagnamento ambientale in fase di cantiere
K ₂ O	Ossido di potassio [fertilizzante]
LPN	Legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio
N	Azoto
O suolo	Ordinanza contro il deterioramento del suolo
OPD	Ordinanza concernente i pagamenti diretti all'agricoltura [Ordinanza sui pagamenti diretti]
OPN	Ordinanza sulla protezione della natura e del paesaggio
P ₂ O ₅	Anidride fosforica [fertilizzante]
RS	Raccolta sistematica del diritto federale
SIA	Società svizzera degli ingegneri e degli architetti
SPSC	specialista della protezione del suolo nei cantieri
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente [in tedesco: BAFU]
WSL	Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio

3 Caratteristiche regionali e basi legali

3.1 Fattori del sito ad alta quota

Le alte quote sono fasce di altitudine dei piani subalpino, alpino e nivale. Una panoramica delle fasce di altitudine in Svizzera è data in Hess, Landolt & Hirzel, Flora der Schweiz, 1967–72 (Figura 2). La temperatura media annuale è $> 0^{\circ}\text{C}$ nella fascia subalpina, da -3°C a -1°C in quella alpina e $< -3^{\circ}\text{C}$ in quella nivale [Eberhardt 1999]. La transizione dal piano subalpino a quello alpino corrisponde al limite del bosco. Lo stadio alpino è caratterizzato da prati alpini in gran parte chiusi, che al confine con il piano (sub) nivale si trasformano in prati pionieri a copertura discontinua con piante pulvinate [Ellenberg und Leuschner 2010]. A seconda della posizione geografica, le fasce altitudinali si spostano. Nelle valli alpine interne, i confini sono più elevati che ai margini delle Alpi.

Ogni 100 metri di quota, il periodo vegetativo diminuisce

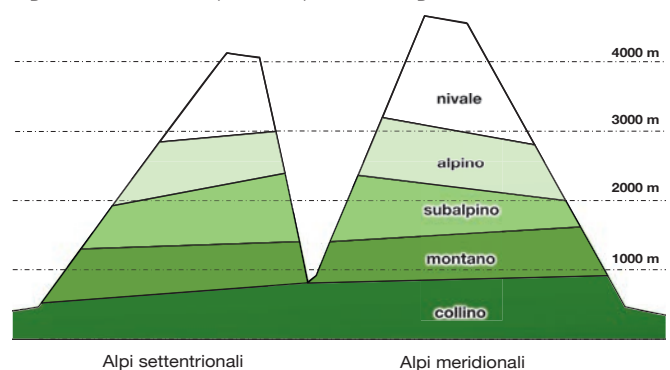


Figura 2: Piani altitudinali in Svizzera secondo HESS, LANDOLT & HIRZEL, Flora der Schweiz [Hess et al. 1977].

di circa una settimana [Krautzer et al. 2012c]. A 2000 m sul livello del mare, il periodo di vegetazione è di circa 100 giorni, a 2400 m sul livello del mare è ancora di 70 giorni [BAFU e BAV 2013].

Fattori climatici

Temperatura

In generale, la temperatura diminuisce da $0,54^{\circ}\text{C}$ a $0,65^{\circ}\text{C}$ per 100 metri di altitudine [Laiolo und Obeso 2017], ma è fortemente influenzata dal rispettivo microclima [Ellenberg und Leuschner 2010]. Le temperature minime e massime giornaliere hanno un'ampiezza molto più alta che Altipiano. Le notti chiare possono essere molto fredde; allo stesso tempo, i substrati scuri possono riscaldarsi fino a 80°C nei giorni di sole [Körner 2003].

In quota, il gelo e la neve possono verificarsi tutto l'anno [Ellenberg und Leuschner 2010]. Una copertura di neve in inverno riduce il verificarsi di gelate al suolo. Al di sotto di uno strato di neve profondo 50 cm, la temperatura scende raramente sotto 0°C [Ellenberg und Leuschner 2010]. Nei periodi pre-invernali con poca neve, tuttavia, il terre-

no si congela rapidamente e può poi rimanere congelato per tutto l'inverno. Gli studi dimostrano che a causa del riscaldamento del clima le temperature nelle Alpi stanno aumentando più velocemente della media [Meusburger und Alewell 2014], il che può portare a uno spostamento delle fasce altitudinali.

Radiazione solare

La minore torbidità dell'atmosfera ad altitudini più elevate riduce la parte di radiazione diffusa, così che l'intensità della radiazione diretta aumenta e i contrasti tra aree soleggiate e ombreggiate diventano più forti con l'aumentare dell'altitudine [Körner 2003].

Precipitazioni

Le precipitazioni nelle Alpi sono relativamente alte sulla cresta settentrionale e meridionale e possono raggiungere i 2500 mm/anno. Le valli alpine interne hanno molte meno precipitazioni con 450 a 700 mm/anno [Ellenberg und Leuschner 2010].

Vento

Il vento ha una grande influenza sulla distribuzione della neve, il suo scioglimento e l'evaporazione. I punti aperti e le superfici piane sono molto più esposti al vento rispetto ai punti riparati nelle valli o negli avvallamenti [Körner 2003]. In inverno, le zone spazzate dal vento sono esposte al gelo, mentre in estate c'è il rischio di siccità.

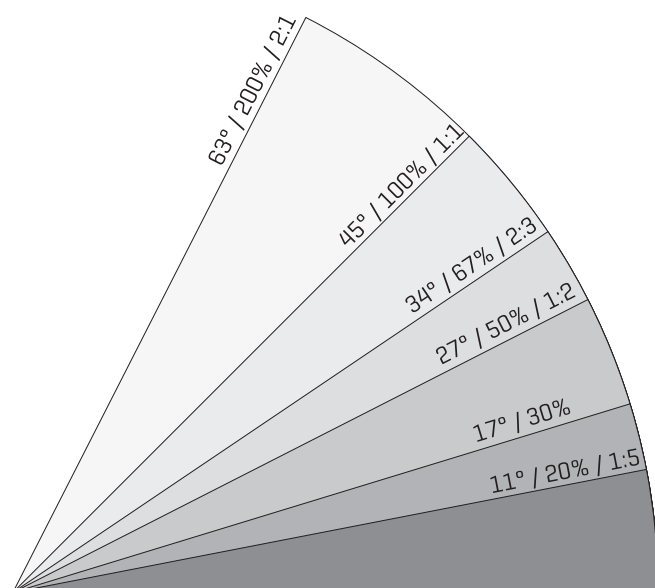


Figura 3: Angles de versants sélectionnés en degré, pourcentage et sous forme de rapport. | Figura 3: Pendenze in gradi, percentuale e come rapporto.

Fattori del terreno e del suolo

Rilievo e esposizione

Il rilievo alpino è molto eterogeneo su piccola scala e crea condizioni locali diverse. (Figura 4)

Angoli diversi di irraggiamento solare riscaldano le aree in modo diverso [Krautzer und Klug 2009]. Le depressioni hanno un migliore afflusso di nutrienti, ma sono generalmente coperte di neve più a lungo [Lichtenegger 1994]. Bordi, collinette e creste esposte al vento sono poveri di neve, il che li rende anche più esposti al gelo [Ellenberg und Leuschner 2010]. L'influenza del rilievo può influenzare il microclima molto più dell'altitudine [Ellenberg und Leuschner 2010]; sono possibili deviazioni nel periodo di vegetazione fino a un mese [Scherrer und Körner 2011]. Tuttavia, il microclima non è solo influenzato dal rilievo, ma anche dalla vegetazione stessa [Latzin 2004].

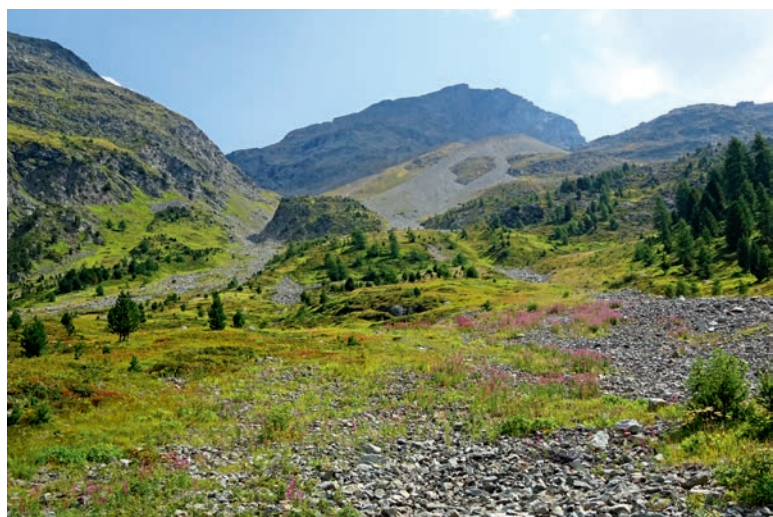


Figura 4: Le differenze del rilievo fanno sì che diversi tipi di suoli e comunità vegetali si alternino in una piccola area.

Erosione

L'erosione trasporta i componenti del suolo tramite il vento o l'acqua per depositarli altrove [Kretzschmar 2017]. L'erosione ad alta quota è elevata e, a causa del cambiamento climatico, potrebbe aumentare ulteriormente se la neve durerà meno a lungo e se l'aumento delle precipitazioni intense in estate aumenterà il deflusso superficiale [Meusburger und Alewell 2014]. L'erosione promuove la disaggregazione e aumenta il dilavamento del terriccio fine, ciò ha un impatto sulla formazione del suolo.

Formazione del suolo

I suoli in alta quota sono relativamente giovani e per lo più poco profondi. In alta quota la disaggregazione fisica, cioè la degradazione meccanica della roccia madre senza alterazione chimica dei minerali, è pronunciata. Da un lato, ciò

è dovuto alla forte erosione, dall'altro ai frequenti cicli di gelo e disgelo. L'erosione chimica e, soprattutto, l'attività biologica dei microrganismi che decompongono la materia organica sono fortemente inibite a causa delle basse temperature. Di conseguenza, la formazione del suolo in alta quota è particolarmente lenta [Ellenberg und Leuschner 2010, Kretzschmar 2017].

Per esempio, mentre la formazione della terra bruna nei pascoli subalpini richiede circa 190 anni, sono necessari da 250 a 300 anni sopra il limite del bosco. La formazione del podsol può richiedere da 500 a 3000 anni [D'Amico 2015].

Disponibilità di nutrienti e acqua

A causa della decomposizione più lenta della materia organica, una gran parte dei nutrienti è legata nella lettiera e in sostanze umiche, dove non sono disponibili per le piante [Ellenberg und Leuschner 2010]. Anche se l'apporto totale di azoto, al di sopra del limite della foresta, è circa lo stesso o maggiore rispetto ad altitudini inferiori, le basse temperature ne riducono la mineralizzazione e quindi la disponibilità di azoto per le piante. La capacità dei suoli alpini di immagazzinare acqua è piccola a causa del loro spessore limitato [Körner 2003].

Fattori antropici

I prati e i pascoli al di sotto del limite della foresta richiedono uno sfruttamento [agricolo] per mantenerli aperti. Oltre il limite della foresta, la gestione regolare impedisce l'emergere della vegetazione arbustiva nana. La gestione dei pascoli promuove le strutture tipiche dei pascoli con vegetazione a macchie e spazi aperti. La composizione

delle specie è diversa da quella dei prati a sfalcio e dipende dalla specie animale che pascola e dal suo comportamento alimentare. L'eccessivo popolamento, soprattutto con animali pesanti, favorisce i danni da calpestio; l'abbandono dello sfruttamento porta alla crescita di boscaglia e in seguito al rimboschimento [Bollmann et al. 2014].

Nei comprensori sciistici, i battipista e gli sciatori possono danneggiare le superfici erbose se la copertura nevosa è insufficiente [Figura 5] [Schmid und Frei 2005]. Sui pendii di neve naturale preparati, dove la neve compattata isola meno di quella fresca, sotto le piste il terreno può arrivare a gelare. La neve artificiale riduce il gelo e i danni meccanici alla vegetazione causati dai battipista, perché lo strato nevoso è più spesso.

D'altra parte, vengono apportati acqua e minerali supplementari e lo scioglimento primaverile viene ritardato di circa 2 o 3 settimane, ritardando lo sviluppo della vegetazione [Stöckli et al. 2002]. La maggiore densità della neve artificiale riduce anche lo scambio di gas con l'ambiente, per cui le piante possono soffocare a causa del ridotto apporto di ossigeno [Newesely et al. 1994].

In estate, gli escursionisti in mountain bike o i veicoli agricoli possono influire sulla vegetazione [Raper 2005, Marion und Wimpey 2007]. Anche il pascolo inadeguato [troppi animali, animali troppo pesanti, tempo troppo umido] può danneggiare la copertura vegetale [Schneider et al. 2017].



Figura 5: Visibili su un pascolo alpino. Quando la copertura nevosa era troppo bassa, le collinette, che tipicamente si trovano sui pascoli, sono state distrutte dai battipista [Foto: K. Edelkraut].



Figura 6: Il Ranuncolo dei ghiacciai è perfettamente adattato alle temperature del suo habitat [Foto: C. Rixen].



Figura 7: La densità del cuscino di *Silene acaulis* mantiene la lettiera e quindi le sostanze nutritive con la pianta e provoca una maggiore umidità all'interno del cuscinetto. Sia la crescita a cuscino che quella a spalliera orizzontale proteggono dai forti venti e il riscaldamento del terreno viene sfruttato in modo ottimale [Foto: M. Peters].

Adattamento delle piante alla stazione

Adattamenti morfologici

Le piante d'alta quota sono perfettamente adattate alle condizioni del luogo in cui si trovano. Le particolari forme di crescita consentono loro di influenzare notevolmente il microclima [Latzin 2004].

L'adattamento più importante è la taglia estremamente ridotta [cuscinetto, spalliera, rosette]. Le piante d'alta quota investono meno nella crescita dei germogli rispetto alle specie dei piani collinari e montani, e le loro foglie sono più piccole e più spesse. D'altra parte, la massa radicale relativa di queste piante è maggiore. Le piante immagazzinano più materiale di riserva rispetto alle piante di pianura. La taglia contenuta e la crescita lenta proteggono dal freddo, dal vento e dall'essere mangiate e aiutano a far fronte al minore apporto di nutrienti [Ellenberg und Leuschner 2010].

Le piante si proteggono anche dal disseccamento con una speciale composizione delle foglie. Una fitta peluria riduce la velocità del vento sulla superficie fogliare e quindi protegge dal disseccamento, mentre una superficie dura o foglie arricciate proteggono dall'evaporazione [Hess et al. 2015]. Grazie a questi adattamenti, il bilancio idrico delle piante è solitamente positivo nonostante il vento e la scarsa disponibilità di acqua [Krautzer et al. 2012c].

Le piante alpine hanno un ampio spettro di temperature per la fotosintesi. Per la maggior parte delle specie, la crescita inizia già da pochi gradi sopra lo zero. Il ranuncolo dei ghiacciai (*Ranunculus glacialis*) riesce a produrre sostanze nutritive anche a -5°C [Figura 6].

Gli organi svernanti della maggior parte delle piante si trovano vicino al suolo o nel terreno per beneficiare dell'isolamento del manto nevoso invernale.

In estate, la crescita a cuscino o a spalliera in orizzontale provoca un aumento dell'umidità e della temperatura direttamente sulla pianta. La fitta peluria di alcune specie o le foglie morte delle graminacee hanno effetti simili sul microclima [Figura 7].

In autunno, le piante diventano tolleranti al gelo grazie, tra l'altro, al drenaggio dei tessuti. Le gelate precoci in autunno o quelle tardive all'inizio dell'estate, quando le piante sono fisiologicamente attive, possono essere dannose [Ellenberg und Leuschner 2010]. Questo può impedire la fioritura o la maturazione dei semi [Heuerding 2005, Stöcklin 2009].

Adattamenti nella riproduzione

Le piante d'alta quota crescono lentamente, ma spesso raggiungono un'età elevata. Steinger et al. [1996] hanno stimato un'età di 2000 anni per le popolazioni clonali di *Carex curvula*. In generale, queste piante investono più energia nel proprio mantenimento che nella riproduzione generativa. La riproduzione clonale, in particolare nelle specie dominanti delle praterie alpine, svolge quindi un ruolo importante [Ellenberg und Leuschner 2010]. Nel caso delle graminacee cespitose, l'autoframmentazione spontanea favorisce la riproduzione vegetativa [Wilhelm, 1996 in Ellenberg und Leuschner 2010]. Le piante alpine producono semi in abbondanza [Ellenberg und Leuschner, 2010], ma da questi si sviluppano, in proporzione, meno piante



Figura 8: Bulbilli di *Bistorta vivipara* e *Poa alpina* in germinazione [Foto: M. Peters].

giovani rispetto alle specie di altitudini inferiori. Tuttavia, le piante raggiungono generalmente un'età maggiore, che compensa questo svantaggio (Forbis und Doak 2004). Molte piante alpine fanno uso della dormienza dei semi, i quali hanno bisogno di uno o più fattori specifici per germinare. Probabilmente il fattore più comune che innesca o annulla la dormienza è la temperatura (Fernández-Pascual et al. 2017). Non è raro che la germinazione richieda una temperatura superiore a 5 °C per diversi giorni (Ellenberg und Leuschner 2010). Alcune specie richiedono una certa durata del giorno o contengono germi sottosviluppate nei semi, che finiscono di svilupparsi solo in condizioni ambientali ottimali. I semi con buccia impermeabile (spesso legumi) richiedono fattori che la irruvidiscono. La maggior parte delle specie alpine germogliano alla luce, probabilmente un adattamento all'habitat privo di alberi (Schwienbacher et al. 2011).

Il ciclo di sviluppo stagionale delle piante alpine deve essere completato in circa 10–12 settimane. Lo sviluppo dopo il disgelo della neve fino alla fioritura è rapido. I fiori, quindi, sono spesso già impostati nell'anno precedente. L'impollinazione varia; oltre all'impollinazione incrociata, alcune specie si affidano all'autoimpollinazione o alla formazione di germogli di covata vegetativa in aggiunta ai semi (*Poa alpina* e *Bistorta vivipara*) [Figura 8].

Effetti sull'inverdimento

Un rinverdimento di successo dovrebbe tenere conto il più possibile delle caratteristiche peculiari delle stazioni alpine e delle differenze su piccola scala.

La crescita lenta, le dimensioni ridotte e l'età avanzata

delle piante rendono evidente che un prato alpino chiuso richiede un lungo periodo di sviluppo e non può essere ripristinato in pochi anni con la semina. Pertanto, limitare gli interventi e una gestione appropriata, ma anche la conservazione e il riutilizzo delle piante e del suolo sono di grande importanza. Il riutilizzo di zolle intere non solo aiuta a preservare le piante, ma favorisce anche la crescita clonale nelle aree adiacenti e aperte.

Se la semina risultasse comunque necessaria, bisogna tenere conto della lenta formazione del terreno. Il suolo esistente deve essere protetto dall'erosione con una copertura (pacciamatura, geotessile). Se il substrato manca o è insufficiente, il letto di germinazione deve essere integrato con ammendanti organici adeguati. Solo le piante locali e adatte al sito si adattano in modo ottimale alle condizioni difficili d'alta quota.

Il breve periodo di vegetazione può essere sfruttato in modo ottimale scegliendo una data di semina adeguata (ad esempio, la semina dormiente). Gli additivi adattati migliorano il microclima e riducono l'erosione (ad esempio, la semina di pacciame).

I microrilievi formano nicchie interessanti per l'inverdimento e dovrebbero quindi essere conservati o promossi. Le depressioni soleggiate favoriscono la germinazione e la crescita grazie al miglior flusso di sostanze nutritive. Nelle depressioni ombreggiate, invece, lo sviluppo è rallentato a causa dello scioglimento tardivo della neve tardiva (Lichtenegger 1994), ma l'approvvigionamento idrico può essere migliore.

3.2. Basi legali

La Confederazione stabilisce le condizioni quadro legali per gli interventi di costruzione al di fuori della zona edificabile. Alcune di queste riguardano le misure di rinverdimento. Se un habitat meritevole di protezione (ad esempio brughiere o prati secchi, ma anche siti che ospitano specie protette o rare) è compromesso, si applica il concetto «evitare → proteggere → ripristinare → sostituire» [art. 18 cpv.1 LPN].

Se, dopo un'attenta ponderazione degli interessi non è possibile evitare un intervento dannoso, questo deve essere limitato il più possibile. Se ciò non è possibile, l'habitat deve essere ripristinato o, se necessario, sostituito. Per compensarlo si può far uso delle presenti linee guida.

Ad eccezione delle aziende agricole e forestali, nonché di parchi, giardini, ecc. l'introduzione di specie animali e vegetali forestiere al Paese o al luogo è soggetta ad autorizzazione [art. 23 LPN]. Inoltre, devono essere rispettate le direttive dell'Ordinanza sui pagamenti diretti (OPD) per quanto riguarda i regimi di concimazione, taglio e pascolo. Oltre alla legislazione svizzera, anche la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) contiene disposizioni relative al rinverdimento.

Applicazione

I Cantoni assicurano un'esecuzione adeguata ed efficace del mandato costituzionale e legislativo [art. 26 cpv. 1 LPN]. Oltre alle basi legali, la maggior parte dei cantoni ha ulteriori linee guida che devono essere prese in considerazione (ad esempio le linee guida e disposizioni per l'accompagnamento ambientale dei cantieri).

Il modo in cui vengono applicate varia da cantone a cantone e deve essere valutato di caso in caso.

[Per un esempio dai Grigioni, vedere il riquadro]. Ulteriori informazioni sono contenute nella pubblicazione "Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz" dell'UFAM [Kägi et al. 2002].

Decreti e direttive pertinenti

Gli articoli più importanti sono elencati di seguito. Lo stato attuale è disponibile su Internet nella Raccolta sistematica delle leggi federali.

- Legge federale del 1° luglio 1966 sulla protezione della natura e del paesaggio [LPN; RS 451]; art. 18 cpv. 1, art. 18 cpv. 1, art. 23.
- Ordinanza del 16 gennaio 1991 sulla protezione della natura e del paesaggio [OPN; RS 451.1]; art. 14 cpv. 3, art. 20, art. 26 cpv. 1, allegato 1.
- Ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo [O Suolo; RS 814.12]; Art. 6, Art. 7

- Ordinanza sui pagamenti diretti agli agricoltori [OPD; RS 910.13]; art. 29-34 (area di estivazione), nonché vari articoli per altri prati e pascoli.
- Liste rosse (RL) emesse o riconosciute dalla Convenzione sulla diversità biologica del 5 giugno 1992 (Convenzione sulla biodiversità; RS 0.451.43); art. 2, art. 8.

Esempio di sistema di valutazione nel Canton Grigioni (ANU 2018)

Valutazione di interventi in habitat meritevoli di protezione (sistema a punti)

La valutazione viene utilizzata dal Canton Grigioni per calcolare gli impatti residui che devono essere compensati dopo un intervento. È quindi nell'interesse del committente pianificare gli interventi il più delicatamente possibile già in fase di progettazione. Questo può essere fatto adattando il progetto (area di impatto, percorso) o evitando gli impatti attraverso procedure alternative.

Le linee guida per la valutazione dell'obbligo di compensazione contengono tabelle per la valutazione dei singoli biotopi. I punti di valore tengono conto del paesaggio e dei vari valori naturali (compresi i biotopi dei terreni aperti, le comunità forestali, le sorgenti, i corsi d'acqua e le rive dei torrenti, ecc.). In seguito vengono calcolati i punti dei peggioramenti e delle misure di sostituzione. Le misure sostitutive devono raggiungere all'incirca lo stesso numero di punti della riduzione di valore. In casi eccezionali, la differenza può essere compensata finanziariamente.

Esempio di calcolo:

Una nuova condotta per l'innervamento deve essere costruita attraverso una palude con piccole cariche acidofile (14 punti) su 0,8 ettari ($F = 1$ per la perdita). In sostituzione, deve essere rimossa una pista di 1 ha che attraversa una palude con piccole cariche neutro-basofile (19 punti) ($F = 0,5$ per la rimozione della pista).

$$\begin{aligned} 8'000 \times 14 \times 1 &= 112'000 \\ 10'000 \times 19 \times 0,5 &= 95'000 \end{aligned}$$

La misura non è sufficiente, la differenza è di 17'000 punti. L'obbligo di indennizzo è di 3.00 CHF/punto, per un totale di 51'000 CHF.

Scegliendo un percorso alternativo, la condotta potrebbe essere posata attraverso un pascolo magro su suolo acido con Cervino (4 punti), ma interesserebbe il doppio dell'area.

$$\begin{aligned} 16'000 \times 4 \times 1 &= 64'000 \\ 10'000 \times 19 \times 0,5 &= 95'000 \end{aligned}$$

Con questo percorso, la sostituzione sarebbe valutata più alta del danno, il committente non deve così fornire alcuna misura di compensazione e riceve persino un credito di punti da utilizzare in seguito.

4 Progettazione

Una buona progettazione è essenziale per un'esecuzione senza intoppi (Figura 9). Ciò include studi preliminari sulla vegetazione, sul suolo, ecc., una definizione realistica degli obiettivi, nonché la consegna e la documentazione. All'inizio della fase progettuale è necessario coinvolgere le parti interessate e definire il controllo di qualità.

4.1. Gli Stakeholder

Il coinvolgimento precoce di tutte le parti interessate evita inutili malintesi e aiuta a risparmiare tempo e costi. Possono essere coinvolti i seguenti gruppi di interesse e attori:

- Committente, proprietario, agricoltore
- Supervisione ambientale del cantiere
- Pianificatori, ingegnere e specialista ambientale
- Fornitori di sementi e piante
- Appaltatori, operatori di macchine
- Amministrazione [protezione della natura, protezione del suolo, pericoli naturali, agricoltura]
- Turismo, ferrovie di montagna
- Organizzazioni per la conservazione della natura e dell'ambiente
- Istituti di ricerca

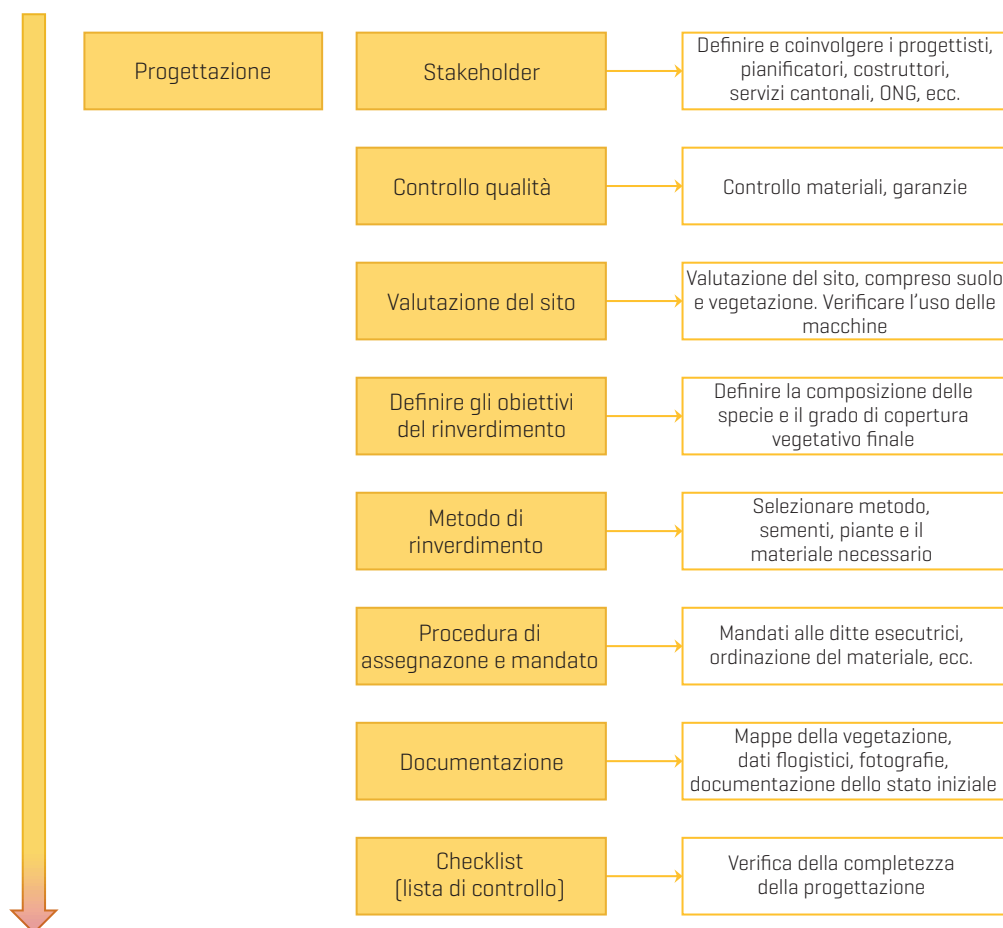


Figura 9: Fasi della progettazione (schema).

4.2. Controllo qualità

Coinvolgere esperti esterni

Durante la pianificazione e la costruzione, i progetti più grandi sono accompagnati fin dall'inizio da specialisti [mappatura della vegetazione e del suolo], nonché dall'accompagnamento ambientale dei lavori/accompagnamento pedologico [di seguito AAL] [BAFU und BAV 2013; Bellini 2015].

La consulenza e l'intervento tempestivo dell'AAL contribuiscono a risparmiare sui costi. L'AAL contribuisce a ridurre al minimo l'impatto sulla natura e sul paesaggio, assicura il rispetto della legislazione in materia di protezione ambientale, verifica l'efficacia delle misure adottate e i piani di gestione e rinverdimento.

Il contatto costante tra l'AAL e la direzione dei lavori, nonché con gli operatori dei cantieri e delle macchine, contribuisce a garantire la buona qualità del lavoro svolto. L'UFAM raccomanda che l'AAL sia presente in cantiere più volte alla settimana [Brunner und Schmidweber 2007]. La cooperazione interdisciplinare tra progettisti, autorità, imprese, istituti di ricerca e istituzioni è importante e va promossa.

Materiale vegetale e sementi, additivi

Oltre al certificato di origine, la consegna delle sementi deve essere accompagnata da un elenco di tutte le specie contenute, con le relative proporzioni nella miscela. Prima della semina, viene prelevato un campione di controllo [Rieger 2006]. Il campionamento casuale e il controllo delle ricevute e delle bolle di consegna garantiscono l'utilizzo dei semi e degli additivi ordinati.

Esecuzione

Le persone che eseguono i lavori devono essere sensibilizzate alla corretta manipolazione del suolo e delle zolle erbose. In un'introduzione dell'AAL o del pedologo, viene mostrata la messa in opera diretta o il corretto stoccaggio della zolla e vengono evidenziate le caratteristiche speciali [specie vegetali particolari, ecc.].

Fine dei lavori

Alla fine dei lavori, deve essere eseguito il collaudo e il controllo del successo [vedi capitolo 7].

Garanzie

Requisiti

Le norme SIA 118 «Condizioni generali per l'esecuzione dei lavori di costruzione» e 318 «Garten- und Landschaftsbau» [Giardinaggio e architettura del paesaggio] si applicano alle garanzie se ciò è stato concordato contrattualmente. In caso di mancato accordo, si applica il Codice delle obbligazioni svizzero [Hürlimann 2007]. Di seguito,

le condizioni sono descritte in conformità alle norme SIA citate [SIA 2009, 2013].

Oltre all'obiettivo di inverdimento vero e proprio, nella gara d'appalto devono essere specificate le condizioni richieste per le aree rinverdate al momento della consegna dei lavori di costruzione/inverdimento [ad esempio, per quanto riguarda le caratteristiche del suolo, la formazione di humus, l'installazione di canali di deflusso in diagonale], nonché la responsabilità per la protezione contro gli effetti nocivi dopo il collaudo. Questo serve come base per eventuali richieste di garanzia.

Inizio del termine per difformità o vizi

Il periodo di reclamo inizia con il collaudo dell'inverdimento, che l'appaltatore e il committente devono effettuare entro un mese dal completamento dei lavori [Hürlimann 2007].

Ambito di applicazione

L'entità dei lavori per riparare difformità o vizi dell'opera deve essere specificata al momento della gara d'appalto per evitare equivoci in una fase successiva.

Decadenza del diritto di garanzia

I seguenti danni comportano la decadenza del diritto di garanzia:

- Danni causati da terzi [ad esempio, pascolo, calpestio, transito con mezzi o incendio];
- Danni causati da eventi naturali;
- Danni causati da infestazioni di parassiti e malattie insolitamente forti;
- danni causati da terreni contaminati e avvelenati.

Se la manutenzione delle semine e delle piantumazioni non viene effettuata dallo stesso contraente, la garanzia dell'azienda esecutrice dell'inverdimento scade quando le piante sono cresciute. In caso di tempistica inadeguata per la semina e la piantumazione, è necessario un rifiuto scritto della garanzia da parte dell'appaltatore della manutenzione all'azienda di inverdimento per la decadenza della richiesta di garanzia.

Se la causa del danno è dovuta a una violazione del dovere di diligenza del contraente, il diritto alla garanzia non decade [SIA 2009].

4.3. Caratteristiche del sito

In molti casi, i requisiti per l'inverdimento sono già formulati nella licenza edilizia. Come base per l'esecuzione, incluse la scelta delle sementi o del metodo di inverdimento, prima dell'inizio dei lavori di costruzione vengono effettuate delle analisi sulla sul sito. Ciò include informazioni sulla vegetazione esistente, sulle caratteristiche della del sito [suolo, esposizione, pendenza, terreno, altitudine], informazioni sulle specie caratteristiche del rispettivo

habitat target e sulla distribuzione delle specie. Inoltre, è necessario chiarire l'uso previsto, le infrastrutture (accesso, macchinari), ecc.

Valutare e completare le basi

I dati di base rilevanti per l'inverdimento dovrebbero essere stati raccolti per richiedere la licenza edilizia. In parte, le informazioni possono essere tratte da questi documenti o dalla letteratura specialistica [Delarze und Gonseth 2008], da banche dati online [InfoFlora] o geoportali [Swisstopo]. Le analisi geologiche e idrogeologiche, i fattori del sito, compresi i rilievi della vegetazione e le indagini sul suolo, le specie e le aree meritevoli di protezione, ecc., così come le basi giuridiche, devono essere esaminati e completati laddove necessario.

Indagini preliminari sulla vegetazione

L'indagine preliminare sulla vegetazione mira a determinare la vegetazione attuale dell'area interessata o dei siti di riferimento. Questo fornisce informazioni sulle possibili associazioni target e identifica eventuali problemi di impianto. Inoltre, è possibile identificare i potenziali biotopi donatori di semi nelle vicinanze [Tischew 2006]. I chiarimenti sull'uso precedente l'inverdimento nei suoli erbosi fornisce informazioni semi presenti nello strato superiore del suolo [Molder 2006].

L'analisi deve essere effettuata in modo tale che i dati possano essere utilizzati per la definizione dell'obiettivo e come controllo del successo. Anche la diversità degli habitat in una piccola area deve essere presa in considerazione [Bellini 2015]. Si raccomanda una combinazione dei seguenti metodi.

La mappatura degli habitat secondo Delarze è necessaria per la procedura di autorizzazione ai sensi della LPN. A tal fine, le unità di vegetazione sono assegnate a un tipo di habitat [Delarze und Gonseth 2008]. Nell'elenco totale delle specie sono incluse quelle presenti nell'area di invaso e nell'area circostante, senza alcuna valutazione della frequenza e del grado di copertura [Trempe 2005]. L'obiettivo è un elenco completo. Con un'indagine sulla vegetazione secondo Braun-Blanquet, si stima la copertura delle specie presenti su aree campione [Braun-Blanquet 1964].

Le dimensioni degli appezzamenti sono basate su valori empirici (10 m² per le praterie pioniere povere di specie, paludi con piccoli carici e i pascoli intensivi, 10–25 m² per i prati, le praterie magri, le praterie montane o le brughiere di arbusti nani) [Trempe 2005]. Le dimensioni e il numero di parcelle campione dipendono dall'eterogeneità del perimetro e devono essere adattate alle circostanze.

Indagini preliminari sul suolo

Un'indagine pedologica aiuta a selezionare la vegetazione target appropriata per i tipi di suolo presenti. Il rischio di erosione viene chiarito anche durante l'indagine preliminare del suolo.

L'eterogeneità spesso richiede una mappatura su piccola scala [Figura 10] [Bellini 2015]. Per selezionare siti di campionamento il più possibile rappresentativi, occorre prestare attenzione alla topografia e ai fattori di formazione del suolo presenti e passati. Le carte geologiche forniscono un'indicazione approssimativa della roccia madre. Tuttavia, questo può essere oscurato da depositi eterogenei di frane, ecc. [Figura 10, a sinistra] [Baruck et al. 2016].



Figura 10: I suoli ad alta quota sono poco profondi e variano notevolmente a seconda della posizione [Foto: K. Edelkraut].

Dopo il trasferimento e la miscelazione del suolo su larga scala, è consigliabile una nuova indagine pedologica per adattare in modo ottimale il rinverdimento al sito, anche se le condizioni sono cambiate [Schneider et al. 2017].

Parametri dello studio

Per determinare le caratteristiche del sito è necessario raccogliere i seguenti parametri [Krautzer et al. 2000, Nestroy et al. 2011]:

- Spessore dell'orizzonte A e, se presente, del sottosuolo;
- Caratteristiche e spessore dell'orizzonte organico;
- Caratteristiche particolari del suolo (ad es. terreno organico);
- Bilancio idrico (inclusi ristagni d'acqua, pendenza e scorrimento);
- Fenomeni di erosione e suscettibilità all'erosione;
- Percentuale di componenti del suolo non vegetabili (soprattutto pietre).

Se la situazione permette ulteriori analisi, i seguenti parametri forniscono utili informazioni aggiuntive [Brunner et al. 1997, Nestroy et al. 2011]:

- Valore del pH;
- Contenuto dello scheletro;
- granulometria.

Utilizzo del suolo

Se nel cantiere si accumula suolo che non viene riutilizzato in loco, il suo riuso o smaltimento deve essere pianificato durante la fase di progettazione, tenendo conto della protezione del paesaggio. I metalli geogenici come il cadmio o il selenio ne limitano la possibilità di riutilizzo. Se si sospettano tali depositi o altri contaminanti del suolo, sono necessarie ulteriori analisi chimiche [Bellini 2015].

Rischio di erosione

A partire da pendenze superiori al 30%, è necessario scegliere una procedura di inverdimento con una sufficiente protezione dall'erosione [Krautzer et al. 2006]. Questo valore può variare in base alle diverse condizioni del suolo.

Chiarire le vie di accesso, l'uso dei macchinari e la protezione del suolo.

Le possibilità di trasporto possono influenzare la scelta del metodo di inverdimento. Pertanto, è importante chiarire se e come verranno regolati gli accessi al cantiere.

Gli scavatori sono utilizzati per lavorare il terreno. Dal punto di vista della protezione del suolo, gli escavatori cingolati sono preferibili a quelli gommati, in quanto hanno una pressione superficiale inferiore grazie alla loro maggiore area di contatto. Gli escavatori a ragno sono generalmente più leggeri e agili. Sono utilizzati soprattutto in terreni ripidi

[Schiechtl und Stern 1992, Bellini 2015]. Grazie al loro design speciale, possono stare sopra la fossa di scavo e quindi richiedono uno spazio significativamente inferiore rispetto agli escavatori convenzionali.

Anche se i suoli in alta quota sono spesso meno profondi, gli strati di suolo sviluppati devono essere protetti dal degrado. Oltre alla scelta della macchina adatta, l'umidità del terreno è un fattore importante. I terreni umidi non devono essere calpestati o lavorati, perché si compattano maggiormente. Il parametro rilevante è la tensione idrica (o di aspirazione) nel terreno, una misura del contenuto d'acqua nei pori del suolo. Questo valore può essere misurato con l'aiuto di tensiometri. In pratica, tuttavia, il contenuto di umidità del suolo viene spesso determinato con un campione manuale o sulla base delle condizioni meteorologiche attuali. La tensione idrica come espressione della capacità di carico del terreno viene confrontata con la pressione superficiale e il peso operativo della macchina. I limiti operativi per le macchine edili possono essere calcolati o letti dal nomogramma [Figura 11]. Inoltre, le stazioni di misurazione delle reti di misurazione del suolo nei singoli cantoni forniscono informazioni sulle rispettive condizioni attuali del suolo.

Tensione idrica [cbar] = Peso [t] x Pressione superficiale [kg/cm²] x 1,25

In cantiere, le seguenti indicazioni servono per valutare l'umidità del suolo [Umweltfachstellen-Zentralschweiz 2007]:

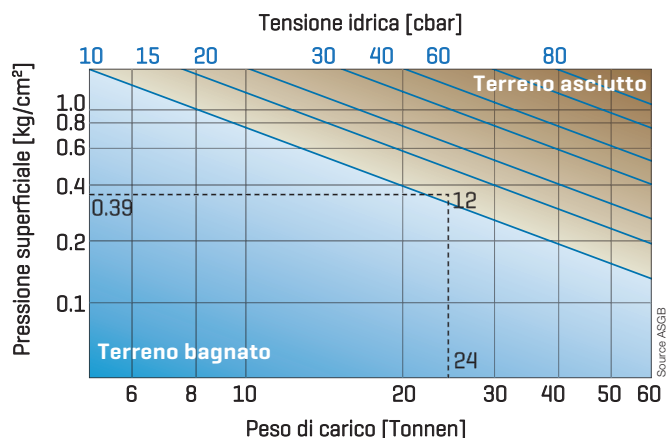


Figura 11: Lettura del limite di applicazione dal nomogramma: l'intersezione del peso di carico (linee verticali) e della pressione superficiale (linee orizzontali) risulta nella tensione idrica (linee oblique). Questo corrisponde al contenuto di umidità del suolo al di sopra del quale la macchina può essere utilizzata direttamente sul terreno [ad esempio un escavatore da 24 tonnellate] [fonte: FSKB].

Tensione idrica del suolo pari a:

< 6 cbar	[il suolo è bagnato e si attacca alla benna dell'escavatore]: divieto di passaggio di mezzi e nessun lavoro di scavo
6-10 cbar	[il suolo è lavorabile ma non si attacca alla benna dell'escavatore]: Nessuno spostamento di mezzi, i lavori di scavo devono essere eseguiti solo a partire da una base di appoggio sul suolo (supporto per escavatori o simili) e quando il terreno è sciolto.
> 10 cbar	[le zolle di suolo si rompono facilmente e sono scorrevoli nella benna dell'escavatore]: Guida e lavori di sterro secondo l'elenco delle macchine o in consultazione con AAL.

4.4 Vegetazione target

L'obiettivo generale del rinverdimento è una vegetazione adatta alla stazione e resistente all'erosione [Marti et al. 2016]. Deve essere prossimo allo stato naturale e adattato sia alle condizioni climatiche che all'altitudine. È necessario evitare la vegetazione alloctona.

Gli obiettivi realistici e verificabili devono essere formulati nella fase di progettazione specifica al rinverdimento. Le opzioni di utilizzo futuro e di manutenzione, così come l'altitudine, devono essere incluse nella decisione, così come il tempo fino al controllo finale del successo. A seconda del luogo, della vegetazione target e della tecnica di rinverdimento, la composizione e la copertura delle specie desiderate possono essere raggiunte solo dopo diversi decenni [Rydgren et al. 2011]. La base più importante per la definizione dell'obiettivo del rinverdimento è l'analisi del

Tabella 1: Formulazione degli obiettivi per il rinverdimento in alta quota.

Criterio	Obiettivi
Estetica	Sono presenti piccole strutture. Le aree sono integrate nel paesaggio. L'aspetto della vegetazione (colore dei fiori, colorazione) corrisponde a quello delle aree circostanti.
Erosione	La copertura vegetale è almeno del 75%. Non ci sono tracce di erosione nell'area del sito di intervento. Non ci sono aree prive di vegetazione > 400 cm ²
Grado di naturalezza	Non sono presenti specie esotiche. La composizione delle specie corrisponde ad almeno 3/4 della vegetazione target. Prevalgono le specie tipiche dell'habitat di destinazione.

luogo. I contatti con gli esperti regionali forniscono ulteriori informazioni. In assenza di analisi prima dell'inizio dei lavori, è possibile rilevare la composizione delle specie in habitat analoghi nelle immediate vicinanze.

Entro un lasso di tempo conforme alla Tabella 2, con l'inverdimento devono essere raggiunti i seguenti criteri (Tabella 1).

Tempistica

I tempi variano a seconda della vegetazione e delle fasce di altitudine. Nel caso di trapianto di zolle, nel caso di semina di prati e pascoli intensivi e a bassa intensità e ad altitudini

Tabella 2: Fase di controllo dei risultati fino al raggiungimento dell'obiettivo di rinverdimento. La riga superiore (intensiva) si applica alla semina di prati e pascoli intensivi e meno intensivi e ai trapianti di zolla, mentre la riga inferiore (estensiva) si applica alla semina di prati e pascoli estensivi e di prati della fascia alpina.

	Intensivo	1 anno	2-3 anni	4-5 anni
	Estensivo	1 anno	3-5 anni	8-10 anni
Germinazione	Germinazione praticamente completa, non ci sono quasi zolle morte	Germinazione	Plante stabili, zolle cresciute	Plante e zolle sono stabili
Estetica			Obiettivo raggiunto per > 50%	Ziel Obiettivo raggiunto
Erosione	Obiettivo raggiunto		Obiettivo raggiunto	Obiettivo raggiunto
Vicinanza alla natura			Obiettivo raggiunto > 50%	Obiettivo raggiunto

inferiori a 2000 m, l'obiettivo dovrebbe essere raggiunto entro 5 anni. La semina di prati e pascoli estensivi e di prati alpini ad altitudini più elevate richiede tempi più lunghi. È opportuno monitorare il successo per gradi, in modo da individuare precocemente gli sviluppi sfavorevoli. Si raccomanda la suddivisione in tappe secondo la Tabella 2 riportata di seguito.



Figura 12: Se si devono rinverdire vecchie piane, l'obiettivo dell'inverdimento deve essere adattato alla situazione. L'orizzonte superiore è solitamente poco sviluppata. Nel caso di vegetazione non autoctona, è consigliabile seminare semi adatti alla stazione [Foto: K. Edelkraut].

Composizione delle specie

In linea di principio, la diversità di specie del rinverdimento dovrebbe corrispondere a quella della vegetazione target. Le specie alloctone sono ammesse solo nelle miscele culturali per l'agricoltura. Le specie di stadi successionali precedenti possono essere giustificate se i loro habitat sono presenti naturalmente nell'area circostante.

Casi particolari di vegetazione target

Nel caso di nuovi interventi su superfici vecchie, chiare o su linee tagliafuoco, la condizione immediatamente precedente all'intervento non corrisponderà alla vegetazione target desiderata (Figura 12). La decisione su quale obiettivo di rinverdimento perseguire e su quale materiale vegetale riutilizzare deve essere presa in base alla situazione. Se le vecchie piante sono state piantate con semi non autoctoni, il nuovo intervento offre l'opportunità di piantare una miscela adatta al sito e il più possibile locale. Se invece il pendio è stato lasciato alla successione, si può cercare di conservare il più possibile le zolle e di integrarle con le sementi.

Sui pascoli, non è disponibile materiale falciato in base all'utilizzo. Se è necessario seminare e si dispone di un'area donatrice, è possibile utilizzare sementi di prato locale falciato. Lo sfruttamento pascolato sposterà lo spettro delle specie verso il pascolo.

Grado di copertura

Il grado di copertura deve essere adattato alla vegetazione circostante o alla vegetazione target. Nelle località al di sotto della linea del bosco e nelle aree con prati alpini chiusi, si punta a un rapporto di copertura del 100% (Marti

et al. 2016]. Se la vegetazione circostante esistente ha naturalmente una copertura più bassa, è necessario puntare a questa copertura anche nell'area target. Krautzer et al. (2006) raccomandano di evitare aree aperte di dimensioni superiori a 400 cm² perché sono a rischio di erosione.

Protezione dall'erosione

Dopo l'intervento l'erosione non deve essere più marcata rispetto a prima (BAFU und BAV 2013). Una buona protezione dall'erosione può essere ipotizzata a partire da un grado di copertura pari a circa 70% (Krautzer et al. 2011). Quanto maggiore è la diversità di specie della vegetazione, tanto migliore è questo aspetto (Martin et al. 2010). La copertura target deve essere raggiunta il prima possibile. L'esperienza ha dimostrato che la vegetazione delle aree seminate non è abbastanza stabile da fornire una protezione sufficiente dall'erosione fino alla seconda stagione di crescita. Anche la semina di specie nutrici non comporta necessariamente una più rapida protezione dall'erosione (Graiss und Krautzer 2011). Fino ad allora, per prevenire l'erosione si dovrebbero usare strumenti come la pacciamatura in combinazione con adesivi o geotessili (Krautzer et al. 2011). In condizioni difficili, i puntelli, le grate vive su scarpata o i cassoni in legno forniscono un'ulteriore protezione dall'erosione per un periodo di tempo più lungo (Florineth 2014, Ammann 2017). Sono utili anche pietre, ceppaie o strutture superficiali. Le zolle vengono fissate con puntelli di legno nei punti in cui c'è il rischio di scivolamento (comunicazione orale AGHB). Le parti di vegetazione trapiantate devono radicare saldamente. I bordi delle zolle devono essere protetti al meglio dall'erosione o dall'essiccamento e devono essere installati il più possibile in piano (comunicazione orale AGHB).

Aspetti estetici/Turismo

Gli scenari climatici indicano una significativa riduzione delle nevicate invernali sulle Alpi (Gobiet et al. 2014), il che aumenta l'importanza del turismo estivo. Tra i visitatori estivi, si registra una tendenza a trascorrere vacanze all'insegna della natura e dell'escursionismo. Questi ospiti sono alla ricerca di una natura incontaminata (Fleischhacker et al. 2012, Schützinger 2015). Anche per questo motivo un'area di intervento deve tornare invisibile il più rapidamente possibile e adattarsi in modo ottimale all'ambiente circostante (Heuerding 2005). Il rilievo deve apparire il più naturale possibile, per quanto il progetto edilizio lo consenta. Non devono essere visibili né ferite né vegetazione non adatta (estranea al paesaggio) (Schmid und Frei 2005).

4.5 Scelta dei metodi di inverdimento

Per il rinverdimento sono disponibili diverse sementi e materiale vegetale, nonché diversi metodi e additivi. La maggior parte di essi può essere combinata tra loro. Alcuni di essi sono interdipendenti [Figura 13].

La seguente panoramica [Figura 13] elenca i possibili metodi e le possibili combinazioni o dipendenze tra materiale vegetale, metodi e additivi. I numeri nell'intestazione si riferiscono ai rispettivi capitoli in cui i processi e i materiali sono descritti in modo più dettagliato. Un'ulteriore panoramica [Figura 14] serve da supporto per la scelta del metodo

di inverdimento appropriato, del materiale vegetale e delle sementi, nonché degli additivi consigliati.

Sulla base delle informazioni ottenute durante gli studi preliminari e delle risorse disponibili, viene selezionato il metodo di rinverdimento ottimale per raggiungere gli obiettivi dell'inverdimento. Più si lavora in modo rispettoso con le risorse disponibili, più velocemente si raggiunge l'obiettivo dell'inverdimento. Il metodo più rispettoso è il trasferimento diretto. Se ciò non è possibile, è comunque importante salvare tutto il materiale vegetale esistente e trapiantare le zolle rimanenti, se necessario in combinazione con la semina.

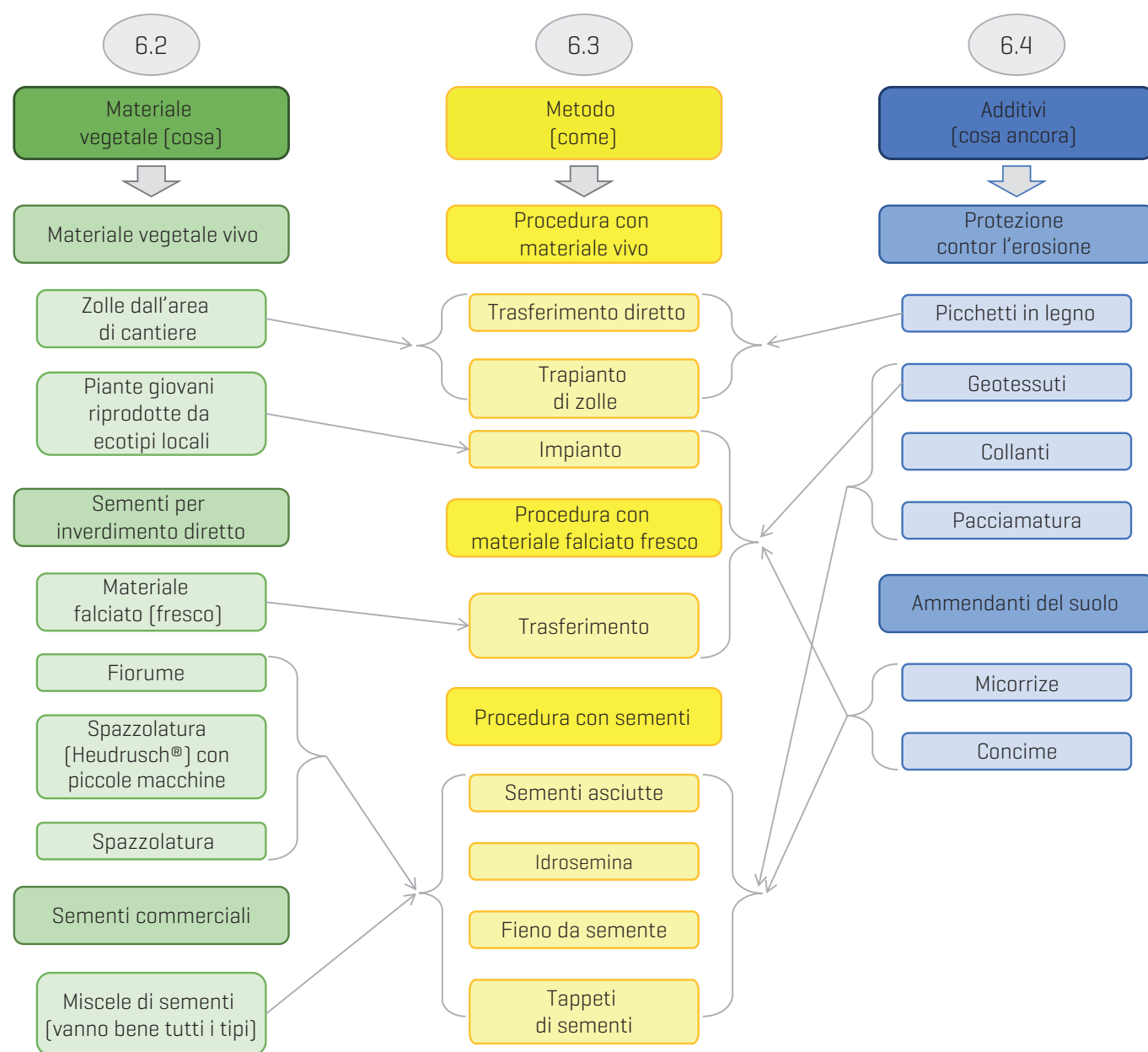


Figura 13: Panoramica dei metodi, del materiale vegetale e dei semi utilizzabili, nonché degli additivi e delle combinazioni tra di loro. I singoli metodi o materiali sono spiegati nei capitoli 6.2, 6.3 e 6.4, in base ai numeri sopra le colonne.

Se sono necessarie delle sementi, queste devono essere adatte al sito. Le sementi locali sono l'ideale, ma ciò richiede superfici donatrici o il tempo necessario per una propagazione mirata. Se le sementi locali non sono disponibili, si possono utilizzare sementi di ecotipi regionali o CH. Gli additivi necessari dipendono principalmente dalle condizioni del terreno, dal rischio di erosione e dal metodo di rinverdimento scelto. In generale, si può affermare che i terreni contengono una quantità di orizzonte A sufficiente a non rendere necessarie misure di miglioramento del suolo. Quando invece l'orizzonte superficiale è gravemente compromesso o addirittura assente e si prevede la semina, è possibile valutare l'uso di misure di miglioramento del suolo, come per es. l'aggiunta di materiale organico per il miglioramento strutturale. Se i funghi micorrizici vengono aggiunti alle sementi, favoriscono l'assorbimento di nutrienti e acqua da parte delle giovani piante. Tuttavia, questi devono essere adattati alle condizioni della stazione dell'area di intervento.

Ad alta quota le piantine devono essere protette dall'erosione del vento con pacciamature e un collante organico.

Le pacciamature forniscono anche una certa protezione contro l'erosione e il dilavamento durante le piogge.

La seguente panoramica (Figura 14) ha lo scopo di fornire indicazioni per la scelta. In questa sede non si tiene conto di casi particolari. Le spiegazioni delle domande nei riquadri grigi sono riportate nella Tabella 3 associata.

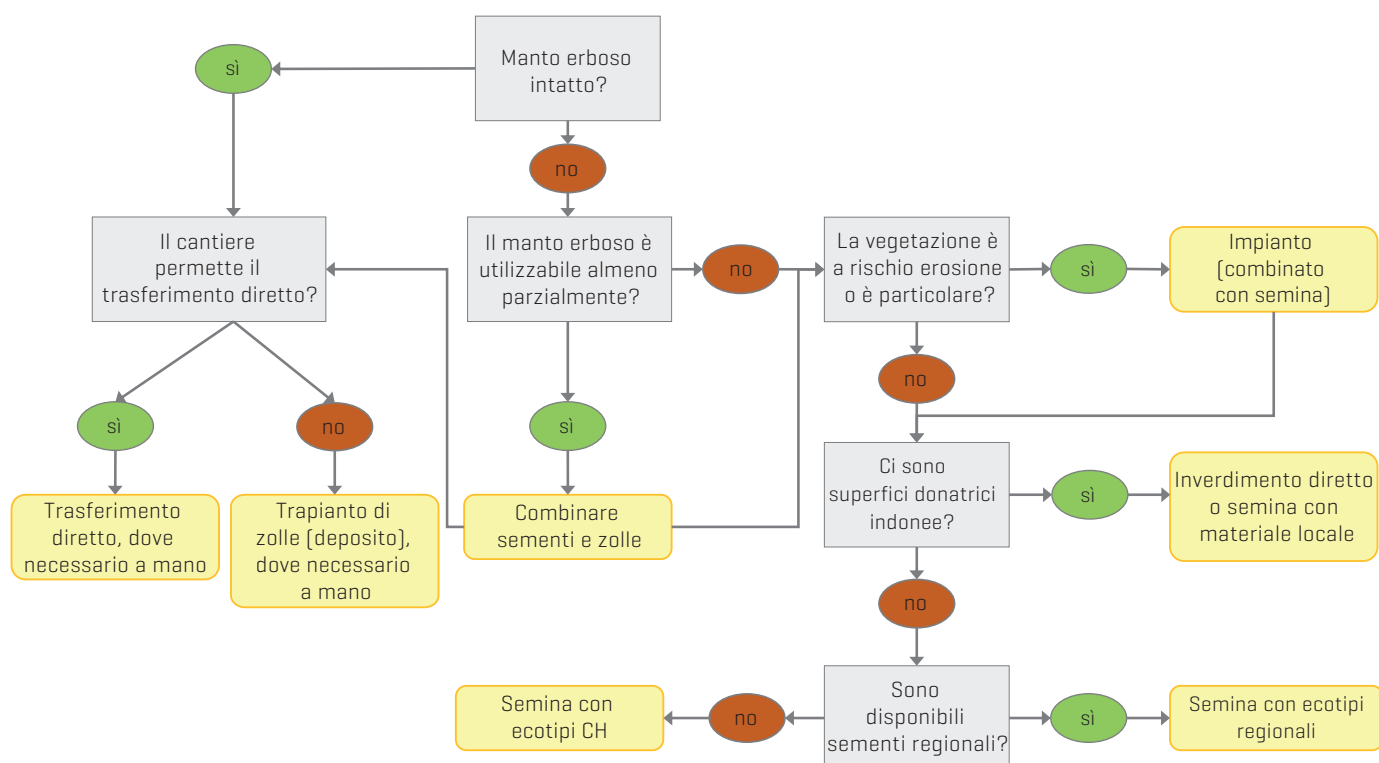


Figura 14: Schema di selezione dei metodi di rinverdimento. Le spiegazioni delle caselle grigie sono riportate nella Tabella 3.

4.6 Appalto

Se la gara d'appalto per l'intero progetto di costruzione comprende un lotto per l'inverdimento, oltre al prezzo devono essere definiti altri criteri di aggiudicazione qualitativi (riferimenti specifici al sito, formazione del personale impiegato, macchine utilizzate, requisiti per le sementi e il materiale vegetale). La trasmissione degli ordini ai subappaltatori deve essere regolamentata nella gara d'appalto. Le scadenze sono specificate nei documenti di gara e nel contratto tra l'appaltatore e il cliente. È necessario tenere conto delle particolari condizioni meteorologiche in alta quota (nevicata, accessi, gelo, interruzioni dovute alle condizioni atmosferiche, ecc.)

4.7 Documentazione

Piani e basi cartografiche

Ai fini della gara d'appalto, dell'esecuzione e della documentazione, si raccomanda di indicare precisamente il perimetro di intervento sui piani di progetto. In questo modo, è anche possibile determinare le dimensioni dell'area (ad esempio, per stabilire la quantità di sementi necessarie). Inoltre, le foto dei singoli interventi servono come documentazione per il rapporto.

Tabella 3: Spiegazioni delle domande (caselle quadrate) nello schema di selezione.

Manto erboso intatto?	Le zolle erbose sono molto importanti per il rinverdimento in termini di composizione delle specie, origine ed età. Se possibile, devono essere separate durante la rimozione. Se necessario, vale la pena avvalersi di un supporto manuale.
Il cantiere permette il trapianto diretto?	Se l'organizzazione del cantiere consente di riutilizzare immediatamente le zolle in un altro luogo, lo stoccaggio provvisorio non è necessario. Si riduce il numero di trasferimenti.
Le zolle erbose sono almeno parzialmente riutilizzabili?	Se non è possibile ottenere una quantità sufficiente di zolle per il rinverdimento completo, le zolle esistenti vengono distribuite a mosaico e, se necessario, completate dalla semina con il metodo della combinazione di semi e zolle.
La vegetazione è speciale e/o particolarmente esposta all'erosione?	Se in un'area a rischio di erosione non rimane quasi più orizzonte A, il rinverdimento diretto può risultare il metodo migliore (Urbanska 1997, Rixen und Schmid 2016). Questo vale anche se, ad esempio, si desiderano arbusti nani. L'impianto viene solitamente integrato con la semina. Se sono disponibili delle zolle di terra, possono essere utilizzate come complemento, ma potrebbero dover essere fissate (chiodi di legno).
Sono presenti superfici donatrici adatte?	Per la semina con sementi locali, è necessaria una superficie donatrice adatta alla stazione e il più possibile vicina. Questo vale sia per la semina diretta, in cui si utilizza direttamente il materiale falciato appena tagliato, sia per i metodi di raccolta (spazzolatura o fienagione). Anche per il fiorume è necessario un prato da sfalciare adatto nelle vicinanze. Il fieno deve essere conservato separatamente.
È possibile utilizzare sementi regionali?	Se non è possibile ottenere direttamente le sementi locali, è necessario ricorrere a sementi commerciali. Le sementi regionali sono preferibili ad altre origini. Se si dispone di tempo sufficiente, le sementi di origine definita possono essere prodotte su ordinazione nelle aziende di moltiplicazione. Gli ecotipi dovrebbero essere preferiti alle forme coltivate.

Documentazione scritta

La documentazione minima richiesta è definita nella licenza edilizia. Per la valutazione del successo, si raccomanda di valutare gli aspetti estetici, erosivi e naturalistici/paesaggistici secondo le linee guida per il rinverdimento ad alta quota, in base ai criteri stabiliti nel capitolo 4.4. Indagini supplementari sulla vegetazione e la stima della copertura del rinverdimento aiutano a formulare le misure necessarie (interventi correttivi). La documentazione sul terreno è completata da una documentazione fotografica comprensiva (condizione iniziale, durante la fase di costruzione, durante e dopo l'inverdimento). Una relazione finale descrive il progetto, le misure adottate e una valutazione (preliminare) del successo del rinverdimento.

Responsabilità

Il committente è responsabile della documentazione. Di norma, delega questo compito all'AAL o a un altro specialista adeguato. Tutte le relazioni intermedie e la relazione finale devono di norma essere presentate all'autorità preposta al rilascio delle licenze.

4.8 Checklist

La lista seguente serve a verificare se la progettazione è stata eseguita in modo completo. Allo stesso tempo, contiene indicazioni per la preparazione del cantiere.

- ☐ È stata effettuata un'ispezione in loco con le parti interessate.
- ☐ Le persone coinvolte sono state informate sugli obiettivi del rinverdimento.
- ☐ È prevista la formazione del personale sul cantiere.
- ☐ Le condizioni meteorologiche e climatiche sono state prese in considerazione per la programmazione dei lavori.
- ☐ Sono stati verificati gli accessi (vie di accesso, orari, frequenze, mezzi di trasporto approvati).
- ☐ La protezione del suolo è stata inclusa nella progettazione delle lavorazioni del suolo e del deposito temporaneo (con AAL/UBB).
- ☐ Sono state selezionate le macchine e le attrezzature adatte, tenendo conto delle proprietà fisiche del suolo e della sua umidità.
- ☐ È stato preparato un elenco di macchinari per l'AAL (Bellini 2015).

5 Lavori preliminari

In questo contesto, il termine «costruzione» è utilizzato per tutte le attività nell'ambito di un progetto di costruzione, dal cantiere al completamento dei lavori e al ripristino delle aree compromesse. Di seguito vengono trattati solo gli aspetti rilevanti per il rinverdimento nell'ambito di un progetto di costruzione (Figura 15).

Durante una prima visita in cantiere con l'impresa, vengono discussi i lavori relativi al suolo e alla vegetazione e vengono definite le superfici interessate. Se sono presenti specie protette, si deve chiarire come si possono salvaguardare le loro popolazioni (trapianto, raccolta di semi) per salvaguardare al meglio il materiale vegetale, è necessario discutere la possibilità di ottenere zolle, conservarle e ripiantarle. In alternativa, la semina successiva dovrebbe essere preparata in modo ottimale descrivendo le aree esistenti (elenchi delle specie più importanti, che determinano l'habitat) e assicurandosi le sementi corrispondenti (indipendentemente dal fatto che si tratti di sementi commerciali o di una propria raccolta di sementi nell'area). Se i lavori di costruzione sono già iniziati e non sono disponibili informazioni sulle condizioni iniziali delle aree interessate, in alternativa si possono esaminare le aree vicine come riferimento. La raccolta indipendente dei semi deve essere tempestiva, poiché i semi delle piante d'alta quota perdono rapidamente la loro capacità germinativa.

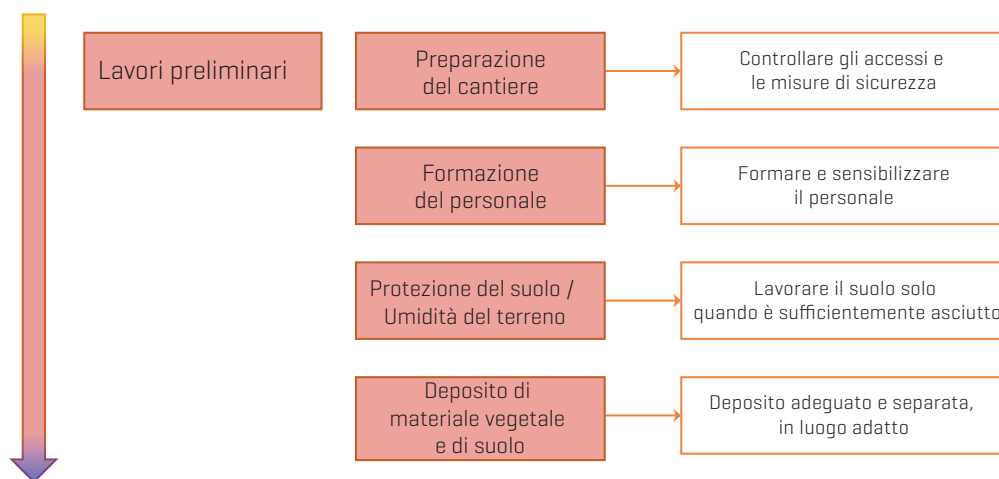


Figura 15: Panoramica dello svolgimento dei lavori preliminari.



Figura 16: I pannelli di contenimento mettono in sicurezza il cantiere e impediscono lo scivolamento del materiale verso le superfici sottostanti [foto: M. Peters].

5.1. Preparazione del cantiere

Durante la preparazione, si controlla se le strade d'accesso previste sono libere, se le macchine sono disponibili come previsto e se sono state prese le precauzioni necessarie per la protezione del suolo. Questo include la delimitazione dell'area di costruzione e la segnalazione delle aree sensibili (flora speciale, ecc.) che non devono essere toccate dai macchinari. Argini o dighe temporanei, pannelli di casserratura o coperture possono impedire lo scivolamento o il dilavamento del terreno o delle pietre [Figura 16] [Schiechtel und Stern 1992].

Formazione del personale da parte dell'AAL

Gli operai sul cantiere devono essere formati dall'AAL o da altri specialisti esperti sulla corretta manipolazione del suolo e sulle misure per proteggerlo. Per garantire la massima cura nella gestione dell'orizzonte superficiale e del materiale vegetale, il personale coinvolto dovrebbe essere consapevole dell'importanza di un suolo intatto per una rivegetazione rapida, di successo e di alta qualità ecologica [Bellini 2015].

5.2. Protezione del suolo/umidità del suolo

La parte superficiale e il sottosuolo devono essere accuratamente separati [Bellini 2015]. I lavori relativi al suolo possono essere eseguiti solo quando il suolo è sufficientemente asciutto. Il controllo dell'umidità attuale del suolo influisce sulla decisione di quali misure di protezione del suolo sono necessarie. Alcuni cantoni gestiscono stazioni di misurazione dell'umidità del suolo e offrono le informazioni online. Tuttavia, l'eterogeneità dei terreni deve essere presa in considerazione quando si utilizzano queste informazioni. Per informazioni sulla valutazione dell'umidità del terreno si rimanda al capitolo 4.3. Quando il terreno è ghiacciato, è possibile passarci sopra con i macchinari, ma non scavare o spostare il terreno.

5.3. Messa in sicurezza/deposito del materiale vegetale e del terreno

Per evitare ritardi nei lavori di scavo, è necessario chiarire in anticipo la messa in sicurezza delle zolle erbose e l'ubicazione adeguata dei depositi. I depositi devono essere posizionati in modo da essere a portata di mano dell'escavatore, ma senza ostruire le strade di accesso o le vie di trasporto.

Mettere al sicuro le sementi e le singole piante

La raccolta di sementi locali deve iniziare il prima possibile. In pratica, la raccolta continua durante i lavori di costruzione nell'area di cantiere. Per informazioni sulla raccolta dei semi e sulle sementi si rimanda al capitolo 6.2. Se nell'area di cantiere sono presenti singole piante particolarmente degne di essere protette, queste vengono trapiantate direttamente in luoghi adatti oppure scavate e scavate e piantate in loco.

Recupero delle zolle erbose

Le zolle presenti nella stazione devono essere recuperate e messe in sicurezza [Krautzer et al. 2000, Schmid und Frei 2005]. A questo scopo, vengono tagliati ed estratti pezzi della copertura vegetale, comprese le radici. Questa operazione viene eseguita a mano o con l'escavatore [Figura 17]. Le zolle devono essere maneggiate con cura, l'ideale è staccarle e depositarle come una "pizza". In condizioni molto secche, c'è il rischio di perdere molta terra fine dall'apparato radicale durante la rimozione. In questi casi si può provare a estrarre queste zolle al mattino presto, quando potrebbe esserci ancora un po' di rugiada nel terreno.

I risultati migliori si ottengono con le zolle erbose se possono essere trapiantate direttamente a destinazione senza deposito intermedio [trapianto diretto]. Se ciò non è possibile, è necessario definire adeguate strutture di stoccaggio intermedio [Krautzer et al. 2007, Marti et al. 2016].



Figura 17: Le zolle vengono staccate con cura con la pala dell'escavatore [Foto: T. Schmid].

Deposito di suolo e zolle

Il suolo, rispettivamente le zolle erbose, e il sottosuolo devono sempre essere conservati separatamente. Le zolle sono accatastate in modo diverso, a seconda della durata del deposito. L'ideale sarebbe impilare le zolle erbose in modo che i lati con la terra e le radici si tocchino tra loro e allo stesso modo che si tocchino i lati con la vegetazione. Le zolle non devono né seccare né marcire (Krautzer et al. 2007). A tal fine, i depositi vengono impilati solo fino ad altezze limitate (massimo 60 cm). Nei cantieri di lunga durata, c'è il rischio che gli strati inferiori soffochino durante lo stoccaggio, soprattutto nei siti umidi e ricchi di humus. Se lo spazio lo permette, queste zolle, ma anche quelli con vegetazione particolarmente sensibile, dovrebbero essere disposti in piano. Per risparmiare spazio, i depositi di sottosuolo possono essere coperti con le zolle erbose (Figura 18). In questo modo, le zolle rimangono intatte e i depositi vengono vegetati.

Il passaggio di mezzi sui depositi è vietato. L'acqua di superficie deve poter defluire senza ostacoli. Un apposito strato di separazione serve a separare il materiale del de-

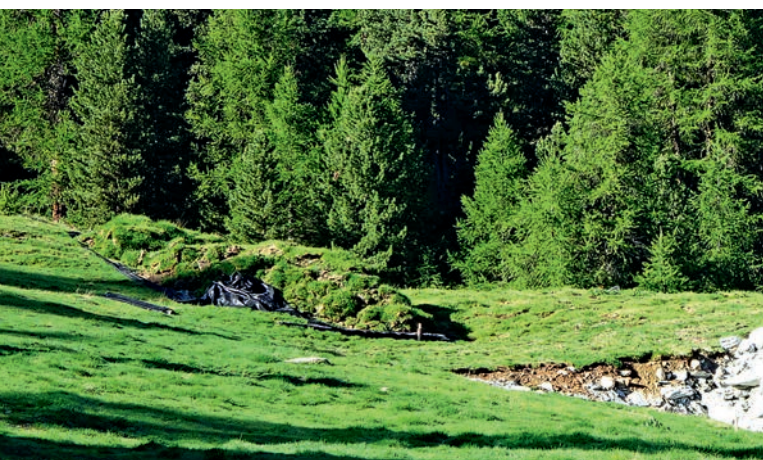


Figura 18: Deposito di terra, coperto da zolle erbose [Foto: K. Edelkraut].

posito dal sottosuolo. Nel caso di depositi di breve durata, è possibile stoccare la vegetazione esistente degna di essere protetta, tagliata, nel luogo del deposito o, nel caso di suoli ricchi di argilla, si raccomanda di rimuovere l'orizzonte A [comunicazione orale AGHB]. Nel caso di depositi a lungo termine bisogna decidere se rimuovere l'orizzonte superficiale a seconda della situazione specifica. Se è presente vegetazione meritevole di essere protetta o se il suolo è molto argilloso si raccomanda di rimuovere l'orizzonte superiore [comunicazione orale AGHB]. Altrimenti, se l'al-



Figura 19: Deposito a breve termine delle zolle erbose direttamente sulla vegetazione esistente. I depositi di suolo sono versati su uno strato di separazione [foto: K. Edelkraut].

tezza del deposito viene ridotta, il suolo non deve necessariamente essere rimosso (Bellini 2015). Un riempimento trapezoidale leggero e un'altezza contenuta evitano la formazione di zone centrali anaerobiche nell'impianto di deposito provvisorio (Bellini 2015). Le altezze massime da rispettare per lo stoccaggio provvisorio sono le seguenti (Figura 20) (Krautzer et al. 2007, Bellini 2015):

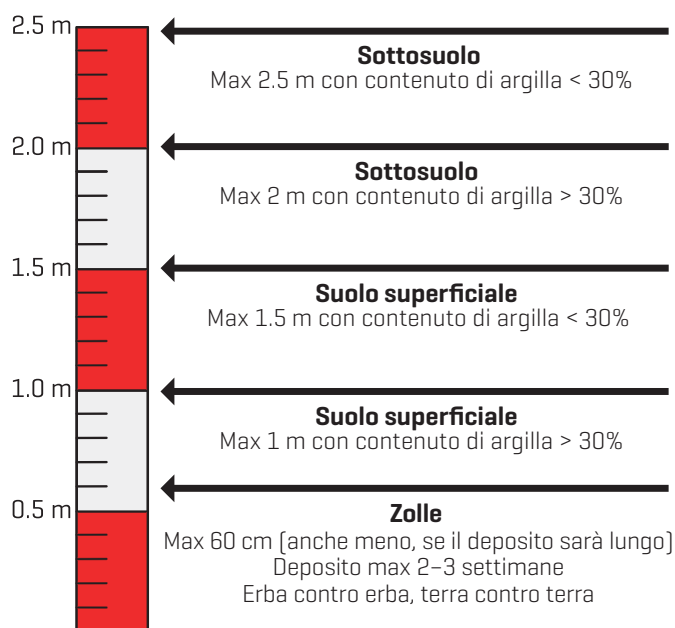


Figura 20: Altezze massime d'ingombro per lo stoccaggio del suolo. Le altezze indicate si riferiscono a materiale sciolto (Bellini 2015).

6 Realizzazione

Nell'esecuzione dei lavori di rinverdimento [Figura 21], di principio si procede come da documentazione di progetto. Difficoltà impreviste nel programma lavori o di altro tipo possono richiedere una deviazione dalla procedura pianificata. In questo caso, la procedura deve essere chiarita tra le parti coinvolte [committente, impresa, AAL].

I metodi di inverdimento, compresi il materiale vegetale e gli additivi, la possibilità di utilizzare macchinari e il periodo dell'anno in cui si deve effettuare l'inverdimento si influenzano a vicenda e devono quindi essere coordinati.

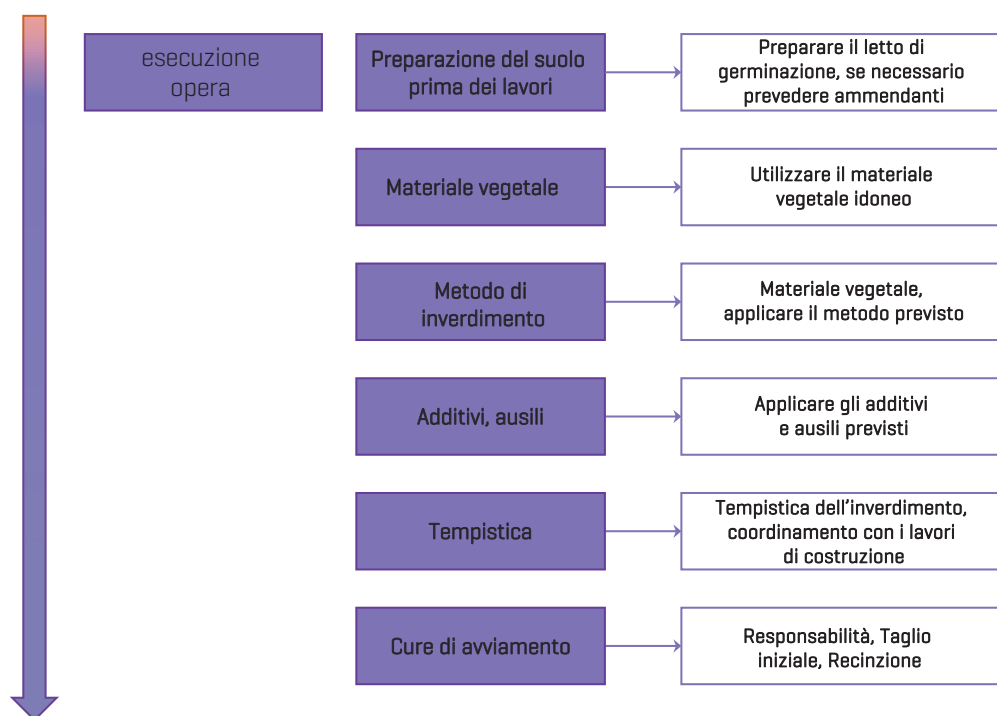


Figura 21: Panoramica delle procedure durante la realizzazione.

6.1. Preparazione del suolo per il rinverdimento

Durante il reimpianto, sarà necessario ripristinare la stratificazione naturale del suolo [Schmid und Frei 2005]. Una corretta lavorazione è importante per preservare la fertilità del suolo. Per evitare il compattamento, i lavori devono essere eseguiti solo in condizioni asciutte. Il sottosuolo viene versato nel modo più sciolto possibile, senza pressarlo con forza o lavorarlo con la benna livellatrice. Come drenaggio si possono usare pietre grossolane (se questo è un obiettivo dei lavori). L'orizzonte A viene quindi versato sul sottosuolo sciolto. In questo modo è possibile ottenere una connessione [pori] tra i due strati. A questo punto si può sistemare e modellare la superficie. Una superficie ruvida offre nicchie protettive per le piantine, riduce l'erosione e rallenta il disseccamento [Schmid und Frei 2005, Krüsi

2014). Questo conferisce alle zolle un sostegno migliore e contribuisce ad un aspetto più naturale [Marti et al. 2016].

Requisiti del letto di germinazione

Vigono i seguenti requisiti [Graf 1998]:

- Stabilità della matrice del suolo e della struttura dei pori [stabilità dell'aggregazione, microstruttura].
- Contenuto di sedimenti fini di almeno il 30%.
- Disponibilità di acqua e nutrienti in quantità sufficiente per le piante
- Aerazione sufficiente
- condizioni intatte per il ristabilimento degli organismi del suolo

Se il letto di germinazione non soddisfa i requisiti, le possibilità e le limitazioni per il miglioramento del terreno sono riportate nel capitolo 6.4.

6.2. Materiale vegetale

Zolle erbose provenienti dal cantiere

La procedura per procurarsi le zolle erbose dell'area di cantiere è descritta nel capitolo 5.3. Messa in sicurezza/deposito del materiale vegetale e del terreno

Moltiplicazione di piantine da ecotipi locali

I semi vengono raccolti nelle immediate vicinanze del cantiere. Da questi, le piantine vengono coltivate e propagate nei vivai. Se il clima dell'azienda di propagazione e il substrato sono simili a quelli del sito di rinverdimento, le piantine si adatteranno in modo ottimale. L'uso di piante auto-propagate richiede un periodo di tempo di preparazione sufficientemente lungo, almeno una stagione.

Metodi di raccolta per l'inverdimento diretto

I seguenti metodi consentono di raccogliere sementi locali, se sono disponibili superfici donatrici adatte. Viene descritta solo la raccolta. Ulteriori informazioni sulle sementi, ad esempio sulla loro origine, sono disponibili nel capitolo "Sementi". La descrizione dell'utilizzo del materiale raccolto è illustrata in dettaglio nel capitolo 6.3. Tecniche di rinverdimento.

Il rapporto tra area di applicazione e area di estrazione è di 1:1–1:2 [Krautzer et al. 2000, Bosshard et al. 2013]. Il trasferimento di materiale vegetale dai pascoli richiede molto tempo, poiché sono irregolari a causa del calpestio e difficilmente possono essere falciati.

Rinverdimento diretto – Materiale fresco da sfalcio

Una superficie donatrice adatta viene sfalcata quando la maggior parte dei semi della specie desiderata è «matura». I semi hanno già raggiunto la loro dimensione completa, ma sono ancora morbidi e non cadono al primo

tocco [RegioFlora]. La superficie donatrice viene falciata al mattino presto quando c'è ancora la rugiada. Per un taglio delicato, la falciatura viene effettuata a bassa velocità [Agridea 2015]. I semi e alcuni piccoli organismi si attaccano al materiale sfalcato, solitamente umido, e si staccano solo durante l'asciugatura. Ad alta quota, il momento ideale per la raccolta non coincide con quello della semina, motivo per cui questo metodo tende ad essere limitato alle quote più basse.

Spazzolatura (di sementi mature)

Come variante del rinverdimento diretto, non si trasferisce tutta la pianta, ma si raccolgono solo i semi dalla superficie donatrice. Anche in terreni scoscesi con una pendenza superiore al 100%, le sementi possono essere raccolte con macchinari adeguati [Bosshard 2016]. Sui terreni irregolari, tuttavia, l'uso delle macchine è difficile. Si consiglia di spazzolare a mano.

La raccolta avviene solo al momento in cui i semi sono duri e si staccano facilmente. Con questo metodo è possibile svolgere più raccolte di sementi all'anno [Agridea 2015]. I semi possono essere essiccati e conservati, il che consente una maggiore flessibilità nei tempi d'inverdimento. Ciò rende questo metodo più adatto alle alte quote rispetto al rinverdimento diretto. Con questo metodo le piante a bassa crescita sono però sfavorite [Sengl et al. 2014].

Mietitrebbiatura

La superficie fonte viene falciata, il raccolto viene essiccato e trebbiato [Kirmer e Tischew 2006, Agridea 2015]. Se la trebbiatura viene effettuata nella stessa operazione, per la raccolta ad alta quota si utilizza una piccola mietitrebbia.

Fiorume

Questo metodo utilizza il materiale secco che si accumula nel fienile. I primi accordi o contratti con l'agricoltore offrono la possibilità di immagazzinare separatamente il fieno di una certa area selezionata. Si consiglia di testare la capacità germinativa prima della semina, soprattutto per il fiorume di età sconosciuta. I quantitativi di semina variano notevolmente in base alla percentuale di fieno; lo strato deve essere applicato in modo sottile, in modo che la luce cada sul terreno e che la pressione competitiva tra le piantine non sia eccessiva [comunicazione orale AGHB].

Miscele di sementi

Le miscele di sementi hanno il vantaggio di poter essere applicate nel momento ideale e di poterne determinare con precisione la composizione. In questo modo, si può aumentare la proporzione di specie difficili da insediare rispetto a quelle che germogliano facilmente. Poiché si sa esattamente cosa è stato seminato, è possibile valutare

il successo dell'impianto e regolare la composizione della miscela.

Quando si scelgono le sementi, si deve tenere conto il più possibile della vegetazione locale. Se sono disponibili superfici donatrici, il rinverdimento con sementi raccolte localmente è la prima scelta. Nelle zone di alta montagna, dove lo sfalcio o la raccolta meccanica sono difficilmente possibili, la raccolta a mano con successiva propagazione in condizioni il più possibile simili offre una buona alternativa. Per questo, i produttori di sementi hanno bisogno di un tempo di anticipo fino a tre periodi di vegetazione prima delle operazioni di rinverdimento.

Laddove queste possibilità non sono disponibili, si utilizzano sementi commerciali. In generale si dovrebbero evitare semi con componenti non autoctone, specie provenienti da altre altitudini e forme coltivate (cultivar). Le sementi possono essere ordinate solo quando si conoscono le aree da rinverdire. Nel caso di una combinazione di sementi e zolle, tuttavia, questo può essere valutato solo quando si sa quante zolle verranno conservate. In questo caso è consigliabile segnalarlo durante l'ordine presso il fornitore.

Quantitativo di sementi

Le quantità indicate dai produttori per sementi asciutte variano da 5 a 30 g/m². I miscugli con un'alta percentuale di graminacee richiedono di solito quantità maggiori, poiché i semi di graminacee solitamente sono più pesanti della maggior parte degli altri semi. La pratica dimostra che

da 5 a max. 10 g/m² sono sufficienti quando si lavora con miscele bilanciate di sementi di ecotipi di alta qualità. Occorre evitare densità di semina troppo elevate, poiché le piante in popolamenti iniziali troppo densi possono ostacolarsi a vicenda e ritardare l'auspicato insediamento spontaneo delle specie locali [Schneider et al. 2017].

Semi di provenienza locale, essiccati

Le sementi vengono raccolte da superfici donatrici idonee e seccati in diversi modi (vedi capitolo Metodi di raccolta dell'inverdimento diretto).

Sementi commerciali

I produttori di sementi utilizzano diversi marchi per i loro prodotti. Le descrizioni dei prodotti devono contenere informazioni sui seguenti tre fattori per poterli confrontare: il grado di modifica delle cultivar, i requisiti ecologici e l'origine. Se vengono menzionate tutte e tre le caratteristiche, una miscela di sementi può essere descritta in modo sufficientemente accurato.

Oggi, le sementi commerciali con ecotipi regionali per le alte quote sono generalmente disponibili per le regioni principali, in parte anche per le subregioni (Figura 22). Gli ecotipi CH sono offerti da tutti i principali produttori di sementi.

Nota sull'origine

Gli studi dimostrano che le differenze genetiche all'interno di una specie variano con l'aumentare della distanza tra

Tabella 4: Denominazione delle sementi in base all'origine, alla modifica del cultivar e ai requisiti ecologici.

Fattore	Designazione	Osservazioni
Grado di coltivazione	Ecotipo	Raccolta da piante selvatiche e propagata senza selezione riproduttiva. Per evitare una selezione involontaria, del nuovo materiale genetico proveniente da siti selvatici dovrebbe essere introdotto nella propagazione al massimo dopo quattro generazioni [Kirmer et al. 2012, Krautzer et al. 2012a].
	Cultivar	Modificato dalla selezione, con l'obiettivo di promuovere determinate caratteristiche. Spesso con il nome della varietà. Utilizzato nella produzione di foraggio.
Requisiti ecologici	Adatto al sito	I requisiti ecologici delle specie rispecchiano i fattori del luogo.
	Non adatto al luogo	I requisiti ecologici e i fattori del luogo non combaciano (per es. fasce di altitudine differenti).
Origine	Locale	Dalle vicinanze prossime → max. 30 km distanza e stessa valle e regione biogeografica
	Regionale	Dalla stessa regione biogeografica principale o sottoregione (vedi figura 22).
	CH	Provenienza: Svizzera.
	Eestero	Proviene dall'estero, senza ulteriori dettagli.

Legenda

- Giura e Randen
- Altipiano (Mittelland) / Regione dell'Alto Reno e del Lemano
- Altipiano occidentale
- Altipiano orientale
- Alpi settentrionali / Prealpi
- Alpi settentrionali
- Alpi centrali occidentali
- Alpi centrali orientali
- Alpi meridionali
- Ticino meridionale



Figura 22: Regioni biogeografiche della Svizzera: regioni principali (colore)/sottoregioni (tratteggio) Dati: InfoFlora, UFAM.

i siti. Questo rende difficile fare un'affermazione generalmente valida su quale distanza geografica sia ancora adatta (Durka et al. 2017). Le regioni biogeografiche (Figura 22), come definite per la Svizzera (Gonseth et al. 2001), possono essere viste come un compromesso tra la fattibilità dell'inverdimento e la conservazione della biodiversità (Malaval et al. 2010). Per tenere conto il più possibile delle differenze genetiche regionali, si devono selezionare le sementi provenienti dalla località più vicina geograficamente possibile.

Specie con sviluppo iniziale rapido («specie nutrici»)

Le specie a rapida germinazione e sviluppo (ma che spariscono dopo poco tempo) hanno lo scopo di fornire ombra e protezione dal vento e dall'erosione alle specie a germinazione più tardiva della vegetazione target vera e propria. In letteratura si distingue tra specie perenni e colture di copertura annuali; in tedesco, il termine Ammenarten («specie nutrici») viene spesso utilizzato per entrambe. L'uso di queste specie può essere problematico perché non c'è garanzia che non emergano negli anni successivi in base alla loro funzione. Le specie perenni a volte persistono per decenni e possono formare popolamenti quasi puri (Figura 23) [Isselin-Nondedeu und Bédécarrats 2009, Rydgren et al. 2016]. Può anche accadere che le specie a sviluppo iniziale rapida competano con la vegetazione locale invece di sostenerla (Hagen et al. 2014). Una densità troppo elevata impedisce la germinazione delle specie target più lente (Suter et al. 2013). Le specie annuali di copertura, come la segale trespe [Bromus secalinus], devono essere seminate solo se vengono falciate prima della fioritura o se è chiaro che non raggiungeranno la maturità dei semi al livello di altitudine corrispondente. Il cambiamento climatico deve essere preso



Figura 23: Le specie alloctone possono essere ancora dominanti più di qualche decennio dopo il rinverdimento, ostacolando lo sviluppo della vegetazione locale (foto: M. Peters).

in considerazione, poiché il riscaldamento aumenta la pressione competitiva delle specie amanti del calore (Kulonen et al. 2018, Steinbauer et al. 2018).

Nelle prove condotte ad altitudini comprese tra 2100 e 2400 m s.l.m. su un migliore e più rapido controllo dell'erosione, le semine con colture annuali di copertura hanno mostrato risultati inferiori rispetto alle aree di confronto con semine pacciamanti. Sebbene le colture di copertura forniscano una buona copertura all'inizio, dopo la loro scomparsa le aree mostrano un grado di copertura inferiore rispetto alle aree di confronto con la pacciamatura e presentano lacune maggiori (Florineth 2000, Graiss e Krautzer 2011). In alternativa, le piante pioniere adatte al sito, che crescono rapidamente nel primo anno, potrebbero assumere il ruolo



Figura 24: per fissare e sistemare le zolle sono necessari un escavatore e lavoro manuale [foto: B. Krüsi]. In seguito, l'intervento risulterà poco o per nulla visibile [foto: K. Edelkraut].

di «specie nutrice» [Kardol et al. 2006]. Anche in questo caso, però, c'è il rischio di sopprimere le specie target a lenta germinazione e sviluppo.

6.3. Tecniche di rinverdimento

Rinverdimento diretto

Con questo metodo, la copertura vegetale viene staccata in pezzi (zolle) prima della lavorazione del terreno e immediatamente rimessa sopra l'area lavorata in un punto vicino (Figura 24). È applicabile se prima dell'intervento esiste una copertura vegetale (chiusa) che può essere rimossa e se l'organizzazione del cantiere consente l'uso diretto delle zolle. Dove possibile, le zolle vengono rimosse e ricollocate con un escavatore. Per proteggere il più possibile il prezioso materiale vegetale, se il terreno non è adatto all'escavatore (ad esempio tra grandi massi), si consiglia di posizionare le zolle anche a mano.

Con il trasferimento diretto le radici, con gli organismi locali del suolo e i funghi micorrizici, vengono in gran parte preservate.

Questo è il modo migliore per preservare associazioni vegetali eterogenee. L'esperienza sulla strada del Passo dello Julier ha mostrato che anche con l'installazione a mosaico delle zolle, gli ampi spazi tra di esse sono stati colonizzati dopo 5 anni da specie che corrispondevano in gran parte alla composizione delle zolle [Marti et al. 2016].

Particolari tipi di vegetazione, in particolare le praterie alpine esposte, in gran parte non influenzate dall'antropizzazione (prati alpini con Carice ricurva, prati aridi con Carice rigida, ecc.) e le consociazioni su creste e dossi ventosi, possono essere rinverdate solo con difficoltà [Krautzer et al. 2006]. I prati aridi con Carice rigida crescono molto len-

tamente [Delarze e Gonsseth 2008]. Pertanto, è necessario prestare particolare attenzione a questi tipi di vegetazione. Potrebbe essere necessario scavare e ripiantare interi massi nel caso di prati con Carice rigida. Il trasferimento diretto è di solito l'unico modo per preservare l'habitat in queste stazioni.

Trapianto di zolle erbose

Questo metodo corrisponde in gran parte al rinverdimento diretto, ma le zolle devono essere stoccate temporaneamente. Il successo del metodo dipende fortemente dalla manipolazione accurata delle zolle. Lo stoccaggio intermedio viene effettuato come descritto al capitolo 5.3. Il momento migliore per collocare la zolla è subito dopo lo scioglimento della neve o immediatamente prima delle prime nevicate [Krautzer et al. 2006]. Le zolle sono da disporre a gruppi nei siti asciutti e a griglia nei siti umidi. È importante che le radici abbiano un buon contatto con il terreno. Se si prevede tempo secco dopo la semina delle zolle, si consiglia di irrigare l'area [Sengl et al. 2014].

Impianto/messa a dimora di piante coltivate

L'inverdimento viene effettuato con singole piante precoltivate (Figura 25). I semi per la coltivazione delle piante sono ottenuti da popolamenti locali in esposizione comparabile. Questo metodo è utilizzato soprattutto in luoghi estremi con fattori limitanti come l'alta quota, la ripidità, la siccità o dopo la perdita dell'orizzonte superiore [Urbanska 1997, Rixen und Schmid 2016]. Poiché le radici penetrano rapidamente negli strati più profondi, l'erosione profonda viene inibita fin dalle prime fasi. A seconda della specie, la densità di impianto può raggiungere i 10 pezzi/m² [Heuerding 2005]. L'impianto



Figura 25: Se la copertura del suolo in pendii ripidi è necessaria, vale la pena l'impiantazione di piante coltivate ex sito.

richiede tempi lunghi e molto lavoro, ma può dare buoni risultati [Nüesch 2012, Bosshard et al. 2013].

Combinazione di sementi e zolle

La combinazione consiste nell'impianto di zolle erbose esistenti (cfr. sopra) e nella semina a umido o a secco. Questo metodo viene utilizzato quando non sono disponibili abbastanza zolle per una copertura vegetale chiusa o per una copertura mirata ed è necessaria un'ulteriore protezione dall'erosione attraverso un buon radicamento [Figura 26]. Nelle zone pianeggianti si può anche rinunciare alla semina delle aree aperte [Krautzer et al. 2000], poiché il rischio di erosione è minimo. Nei terreni a rischio di erosione e nelle aree con pendenza superiore al 30% o con ampi spazi vuoti, è necessario prevedere l'uso di geotessili, chiodi di legno o simili per fissare i pezzi di vegetazione e prevenire l'erosione dell'orizzonte superiore [Krautzer et al. 2006].

Semina tramite materiale falciato

Il materiale vegetale falciato, proveniente da una superficie donatrice idonea con la vegetazione desiderata e adatta al sito, vengono trasferite direttamente nell'area ricevente. Il materiale viene sparso in modo che il terreno sia ancora chiaramente visibile [comunicazione orale AGHB]. Un'applicazione troppo spessa può causare processi di decomposizione anaerobica o l'ostruzione reciproca delle piante in germinazione. Le pendenze del 30% o più devono essere protette dall'erosione. Se il lavoro viene eseguito con cura, parte della fauna (insetti) viene trasferita insieme al materiale vegetale.

In linea di principio, il trasferimento di materiale falciato richiede la semina in estate, quando il prato fonte è «maturo». Ad altitudini elevate, superiori a circa 2300 m, questo metodo non è adatto a causa del breve periodo di vegetazione.

Semina a secco

La semina a secco (inclusi gli additivi) è facile da eseguire. Il prerequisito per la semina a secco pura senza pacciamatura è uno strato superficiale adatto alla coltivazione [Graiss und Krautzer 2006]. Nelle aree ad alta quota o a rischio di erosione, la semina a secco è consigliata solo in combinazione con una copertura del suolo (pacciamatura, rete, stuoia) [Lichtenegger 1994, Krautzer et al. 2011].

Con la semina a secco, un terreno umido garantisce l'effetto immediato degli additivi (colla) e una posizione iniziale ottimale per la crescita [Andrey und Streit 2005]. Tuttavia, l'adesione al suolo dei semi è peggiore rispetto all'idrosemina [Lichtenegger 1994]. Nei terreni sassosi, la semina a secco offre il vantaggio, rispetto a quella umida, che il seme cade a terra tra le pietre prima che il collante faccia effetto [AGHB, comunicazione orale]. In generale, la semina a secco è la prima scelta quando non è disponibile l'acqua per l'idrosemina.



Figura 26: Se non ci sono abbastanza zolle per un rinverdimento di tutta l'area, esse vengono disposte a mosaico e gli spazi intermedi vengono seminati [Foto: K. Edelkraut].

Su aree ampie e facilmente accessibili che possono essere percorse con un trattore e una seminatrice, questo metodo è molto efficiente. L'uso della macchina è possibile fino a una pendenza massima del 45% [Schmid und Frei 2005]. La seminatrice può essere regolata esattamente sulla quantità desiderata (g/m^2) e semina in modo molto uniforme. I semi vengono pressati con cura negli strati superiori del terreno con un rullo.

Anche con la semina a mano, il seme deve essere pressato dopo la semina per riconsolidare il terreno ed evitare che si secchi.

Per le aree più grandi e scarsamente accessibili, si può prendere in considerazione anche la semina a secco con l'elicottero. Per la semina a secco, il miscuglio di sementi deve essere progettato in modo tale da poter essere seminato in una sola passata, da ridurre al minimo la produzione di polvere e da evitare che i componenti si separino durante lo spargimento [Figura 28]. Non è possibile volare in condizioni di vento e visibilità insufficiente. La seminatrice deve essere controllabile dall'elicottero [Andrey und Streit 2005].

Idrosemina

Con questo metodo, le sementi, i fertilizzanti, gli additivi per il terreno e i collanti vengono mescolati con acqua in un apposito contenitore e spruzzati sulle aree da invadere con una macchina per l'idrosemina chiamata «idroseminatrice» [Fig. 27]. In questo modo, le aree di difficile accesso possono essere seminate in modo efficiente dal veicolo. Tuttavia, tenendo conto del raggio di applicazione, il cantiere deve essere accessibile con un veicolo.

Il raggio d'azione dal veicolo è di circa 30 m; con un piccolo dislivello, è possibile raggiungere un raggio di 300 m utilizzando un tubo flessibile [Andrey und Streit 2005].

Sui pendii ripidi, la miscela di sementi e fertilizzanti può essere spruzzata su una rete di protezione dall'erosione biodegradabile fissata in precedenza [Krautzer et al. 2007], a condizione che la dimensione delle maglie della rete consenta una buona penetrazione. Con l'impasto si ottiene uno stretto legame tra seme, terreno e fertilizzante [Lichtenegger 1994]. L'idrosemina è un metodo semplice ed efficace. Viene spesso utilizzata, soprattutto quando il terreno è troppo ripido per la semina a secco o l'umidità è troppo scarsa a causa delle condizioni sfavorevoli del suolo [ad esempio, terreno grezzo].

Le aree molto ripide e poco accessibili possono essere inerbite con l'elicottero. Il metodo richiede numerosi voli, poiché il carico utile è limitato [Florineth 1995]. Le condizioni di volo sono le stesse della semina a secco.

Semina di copertura

Nella semina di copertura, il materiale organico (fieno o paglia) viene applicato sopra le sementi distribuite prece-



Figura 27: Idrosemina [foto: T. Schmid]

dentemente per coprirle e proteggerle. In luoghi o stagioni climaticamente estreme, lo strato di pacciamatura fornisce protezione contro il freddo, il caldo e la siccità [Florineth 2004]. La protezione meccanica della superficie del suolo favorisce una germinazione rapida e sicura [Krautzer et al. 2007]. Le pacciamature devono sempre essere fissate con adesivi per proteggerle dall'erosione. Il fieno viene compresso maggiormente dall'adesivo e non è quindi adatto come la paglia [Krautzer et al. 2007]. Per ulteriori informazioni su pacciamature e adesivi, consultare il capitolo 6.4.

Stuoie per semina

Le stuoie di semi sono costituiti da fibre naturali tenute insieme da una sottile rete di fibre naturali. Il seme viene incorporato nelle fibre. Le stuoie per semina devono avere un contatto perfetto con il terreno e sono quindi limitate all'uso su superfici piane e livellate. Pertanto, le stuoie di semi sono solo condizionatamente adatte all'uso in alta quota [Krautzer et al. 2007]. Poiché la decomposizione è molto lenta ad alta quota, i tappeti devono essere costituiti solo da materiali che subiscono l'azione del tempo per raggiungere l'obiettivo di rinverdimento «protezione contro l'erosione».

6.4. Additivi

A seconda della situazione, vengono utilizzati additivi differenti. Poiché una protezione sufficiente dall'erosione viene raggiunta dalla copertura vegetale non prima del secondo periodo di vegetazione dopo il rinverdimento, l'erosione deve essere prevenuta fino a quel momento con tecniche di rinverdimento adattate e additivi adeguati [Krautzer et al. 2007]. In caso di rischio di erosione da parte dell'acqua di superficie o di pendio, questa viene drenata attraverso canali trasversali con pendenza limitata [Lichtenegger

1994). Le canalette trasversali riducono inoltre la lunghezza del pendio soggetto a erosione [LfL 2017].

Gli additivi organici di solito hanno molteplici benefici, in quanto migliorano la struttura del suolo e forniscono sostanze nutritive. Lo stesso vale per le pacciamature, che servono sia a proteggere dall'erosione sia ad aggiungere nutrienti. Gli additivi sono utilizzati principalmente nei casi in cui manca l'orizzonte A e nella ricoltivazione [Stalljann 2006]. L'elenco dei fattori di produzione dell'Istituto di ricerca per l'agricoltura biologica FiBL elenca i fertilizzanti, gli additivi e i collanti adatti all'agricoltura biologica. Fornisce inoltre informazioni su quali prodotti possono essere utilizzati ad alta quota.

Funghi micorrizici

L'uso di funghi micorrizici arbuscoli mira a migliorare le condizioni di crescita delle piante. A questo scopo, al letto di semina vengono aggiunti funghi del suolo coinvolti in processi naturali. In alta quota, di solito si utilizza un coadiuvante organico per la germinazione e un fertilizzante iniziale. Se applicati a un materiale di supporto, i funghi possono essere utilizzati sia a secco che con l'idrosemia [Streit 2006]. Le piante micorrizzate mostrano una migliore tolleranza agli stress e sono più resistenti contro la siccità, la scarsità di nutrienti, le malattie e valori estremi di pH [Schmid et al. 2005]. La rete fungina finemente ramificata migliora la stabilità del suolo e la protezione dall'erosione, mentre la superficie di assorbimento della radice della pianta viene notevolmente aumentata [Figura 29]. Non tutte le specie fungine sono ugualmente adatte al rinverdimento [Graf et al. 2017]. Quando si acquisiscono funghi micorrizici, bisogna fare attenzione a utilizzare ceppi adattati alle alte quote.



Figura 28: Miscela di semi per la semina a secco con additivi [foto: T. Schmid].

Fertilizzante

Obiettivo

La concimazione serve a migliorare le condizioni di crescita su terreni poveri di sostanze nutritive e può favorire l'inse-diamento delle giovani piante. Dovrebbe servire come aiuto all'inizio della crescita, ma non modificare la disponibilità generale di nutrienti e la situazione di competizione tra le piante in una stazione.

Limitazioni

I fertilizzanti comportano un cambiamento nella situazione competitiva, favorendo le specie a crescita rapida e alta. Questo causa lo spostamento di specie a crescita lenta e di piccole dimensioni. Con un buon apporto di nutrienti, le piante formano più biomassa fuori terra e investono meno in un buon apparato radicale. La conseguente minore penetrazione delle radici riduce la protezione dall'erosione. Nelle località di alta montagna tendono a prevalere condizioni di povertà di nutrienti a causa della posizione. La concimazione dovrebbe quindi essere effettuata solo in modo mirato e limitato, per non modificare in modo permanente le condizioni del sito, naturalmente povere di nutrienti. Per la concimazione dei pascoli alpini nelle aree di estiva-zione si applicano norme speciali ai sensi dell'art. 30 OPD. I fertilizzanti estranei ai pascoli alpini e l'uso di fertilizzanti minerali, liquidi e di azoto puro richiedono un'autorizzazio-ne cantonale [Schneider et al. 2017].

Necessità

La necessità dipende essenzialmente dal contenuto di nutrienti disponibili per le piante nell'orizzonte A esistente, dal metodo di rinverdimento e dalla vegetazione target. La zolla di terra non ha bisogno di essere concimata. Nel caso

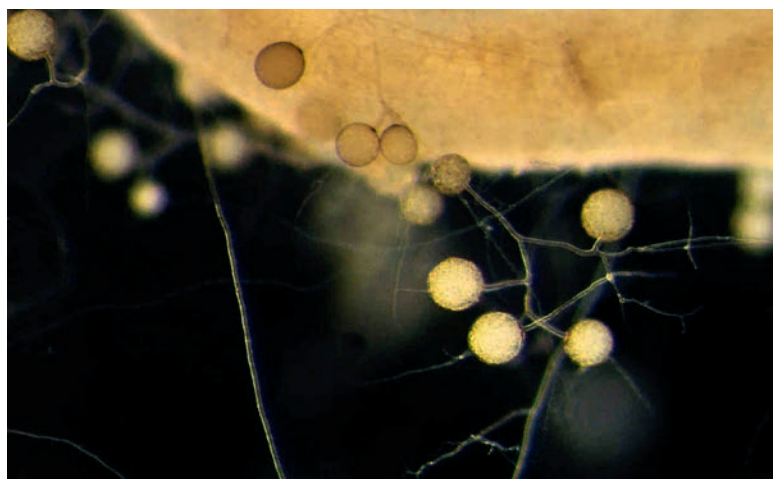


Figura 29: Radice (spessa in alto) e ife [sottili filamenti fungini del micelio] con spore [rotonde] del fungo micorrizico [foto: K. Ineichen, Istituto botanico dell'Uni-versità di Basilea]

di rinverdimento con fiorume, materiale falciato, semi di prati o miscele adattate al sito, la concimazione favorisce la formazione di prati [Krautzer et al. 2013, Schneider et al. 2017] e dovrebbe quindi essere utilizzata solo consapevolmente in relazione all'habitat target.

Tempistica

Il concime viene applicato al momento della semina. Le sementi in commercio vengono talvolta fornite con una percentuale di concime organico di avviamento, che supporta sufficientemente la germinazione e l'insediamento iniziale delle giovani piante, ma non modifica le condizioni della stazione a medio e lungo termine. Dopo il rinverdimento, la concimazione viene presa in considerazione solo nel caso dell'agricoltura alpina [Krautzer et al. 2013]. I pascoli poveri di nutrienti (pascoli magri su suolo acido e prati aridi su suolo calcareo) non vengono più concimati dopo la semina [Schneider et al. 2017].

Prodotti

I prodotti organici sono da preferire ai fertilizzanti minerali. Poiché i terreni grezzi hanno una bassa capacità di immagazzinare i nutrienti, i fertilizzanti minerali vengono rapidamente dilavati. Nei prodotti organici scarsamente decomposti, i nutrienti sono legati e vengono rilasciati solo dall'attività di decomposizione dei microrganismi. Poiché questi, come le piante, dipendono dalla temperatura e dall'umidità, ciò avviene al momento giusto. Oltre al puro apporto di sostanze nutritive alla pianta, migliorano anche la struttura del suolo e la capacità di immagazzinare l'acqua e promuovono la formazione di humus [Stalljann 2006]. Il conseguente miglioramento della stabilità degli aggregati riduce inoltre il rischio di erosione [Kretschmar 2017]. Dove possibile, si dovrebbero utilizzare concimi come letame ben tritato, letame maturo o compost [solo materiale sicuro] di origine regionale [Krautzer et al. 2007]. Anche i concimi organici a base di biomasse fungine e batteriche e vari preparati di alghe hanno dato buoni risultati [Stalljann 2006]. L'uso di concime liquido deve essere evitato [Krautzer et al. 2007].

Quantitativo

La quantità di fertilizzante deve essere determinata sulla base di una valutazione della stazione. Sui terreni regolarmente utilizzati per l'agricoltura alpina con una fertilità ridotta, si raccomanda una concimazione in forma organica [ad esempio 15 t/ha di letame maturo] per la semina, che corrisponde a una quantità di nutrienti di 25 kg di N, 60 kg di P₂₀₅ e 90 kg di K₂₀ per ettaro. I siti intensamente pascolati o falciati possono essere nuovamente concimati con la stessa quantità circa 2 o 3 anni dopo la semina [Schneider et al. 2017].

Pacciamatura

La copertura del terreno con materiali pacciamanti evita l'aumento del ruscellamento superficiale, la perdita di suolo e l'erosione. I materiali utilizzati sono paglia, fieno, legno e fibre di cellulosa o erba. L'uso di una pacciamatura riduce il deflusso delle acque superficiali fino a circa 20 volte. I valori di erosione del suolo possono essere da 40 a oltre 100 volte inferiori [Graiss und Krautzer 2006]. La pacciamatura migliora anche il microclima. L'umidità viene immagazzinata più a lungo e la temperatura durante l'irraggiamento solare si riduce. Sui pendii esposti a sud, una copertura pacciamante può ridurre la temperatura superficiale da 65 °C a meno di 40 °C [Stalljann 2006]. Lo strato di pacciamatura deve essere traslucido, pur garantendo la protezione. Strati di pacciamatura troppo spessi possono causare il soffocamento delle piantine. Strati troppo sottili, invece, sono meno efficaci [Krautzer et al. 2007, Krautzer und Graiss 2008]. La quantità di materiale necessaria varia a seconda del materiale pacciamante, della combinazione con altri componenti (geotessili) e delle condizioni del terreno. Pendii ripidi, forte irraggiamento solare, vento o precipitazioni richiedono più materiale. I valori sperimentati sono 150–300 g/m² per il fieno, 40–200 g/m² per la paglia corta, 250–400 g/m² per la paglia lunga e fino a 300 g/m² per la fibra di legno [AGHB, comunicazione orale].

Geotessili

Geotextilien [Heuerding 2005, Stalljann 2006]

Oltre a uno strato di pacciamatura per coprire il terreno, per le aree a rischio di erosione o con una pendenza superiore al 30%, le reti e stuoie in fibre naturali offrono un'ulteriore protezione [Krautzer et al. 2007].

I geotessili hanno le seguenti funzioni [Heuerding 2005, Stalljann 2006]

- assorbire le forze;
- rallentare l'energia d'impatto dell'acqua;
- ridurre la velocità di deflusso dell'acqua piovana;
- irruvidire artificialmente la superficie del suolo;
- evitare il dilavamento del suolo;
- fare da strato filtro;
- regolare il bilancio termico e promuovere l'effetto ombreggiante.

Quando si utilizzano geotessili, è importante tenere presente che ad alta quota si deteriorano molto lentamente. Si devono utilizzare prodotti in fibre naturali (lana di legno, paglia, juta, cocco, sisal, canapa, cotone, ecc.), possibilmente senza reti di supporto sintetiche. Sono completamente biodegradabili. La loro durata di vita è di almeno 4 anni, a seconda del clima [Krautzer et al. 2007]. Le reti e i fogli sintetici non sono biodegradabili e non devono quindi essere utilizzate ad alta quota. Quando si posa

il geotessile, è importante assicurarsi che sia a contatto con il terreno ovunque e che si utilizzino ancoraggi sufficienti (almeno $4/m^2$) (Figura 30). Per evitare che le reti vengano strappate, deve essere permessa la fuoriuscita di materiale alla base del pendio e l'ancoraggio alla parete del pendio deve essere rinforzato (Krautzer et al. 2007). In combinazione con l'idrosemina, è necessario assicurarsi che il geotessile sia sufficientemente permeabile in modo che la miscela, compresi i semi, raggiunga la superficie del suolo (Stalljann 2006).

Se il rischio di erosione è elevato, sono preferibili stuoie e maglie più strette. Tuttavia, una maglia troppo fitta può ostacolare l'emergere dei semi e soffocare la vegetazione.

Collanti

I collanti migliorano la protezione dall'erosione a breve termine (Stalljann 2006). Vengono utilizzati ogni volta che c'è il rischio che lo strato di semi freschi o di pacciamatura venga spazzato via dal vento o dalla pioggia. Ad alta quota, sono consigliati per tutte le semine. Vengono utilizzati prodotti con adesivi organici (ad esempio alginati, psillio, gomma di guar, amido, pectina, cere). Sono poco costosi ed ecologici, ma l'effetto adesivo è inferiore a quello dei prodotti sintetici. Possono essere utilizzati per la semina a secco e l'idrosemina.

I prodotti sintetici aderiscono meglio, ma la germinazione



Figura 30: Fissaggio dei geotessili con chiodi di legno. Bisogna fare attenzione a garantire un contatto continuo con il terreno, soprattutto nel caso di tessuti e stuoie a maglie strette (Foto: M. Schwager).

può essere compromessa. I prodotti a base di bitume sono problematici per gli animali, poiché il collante si attacca al pelo (Polizzi 2017). Esistono pochi studi sulla tossicità del bitume, ma poiché i componenti sono simili ad altri derivati del petrolio, si può ipotizzare un certo rischio per l'ambiente (National Academies of Sciences and Medicine 2016). Le emulsioni di bitume e altri adesivi sintetici a base

di plastica non dovrebbero quindi essere utilizzati per i rinverdimenti.

6.5. Tempistica dei lavori di rinverdimento

Le tempistiche sono diverse a seconda del metodo di rinverdimento previsto, dell'altitudine e del rischio di erosione. Durante la progettazione bisogna anche tenere conto del rischio di introduzione di specie vegetali indesiderate. Bisogna decidersi tra le diverse considerazioni di base: il terreno non deve erodere, non deve seccarsi e non deve fornire opportunità di insediamento a specie vegetali indesiderate. D'altra parte, le condizioni meteorologiche ad alta quota sono generalmente difficili da pianificare per semine con un'alta probabilità di successo (rischio di gelo e congelamento delle piantine). Per le semine dormienti, non deve essere troppo caldo, in modo che la germinazione avvenga solo in primavera. Spesso i periodi ottimali sono piuttosto tardivi. Alla fine dell'estate e dell'autunno, in genere, in quota si deve sempre prevedere un inizio anticipato dell'inverno. Quando il terreno è gelato, la zolla di terra non deve essere spostata (AGHB, comunicazione orale). Spesso si deve considerare anche i tempi in cui, ad esempio, i macchinari, le attrezzature e gli operai sono ancora sul posto. Per ridurre il dilavamento di terra fine, è necessario procedere al rinverdimento il prima possibile, soprattutto sui pendii ripidi.

Tuttavia, è necessario prendere in considerazione le stagioni appropriate (Tabelle 5 e 6). Se non è possibile inverdire immediatamente, è consigliabile coprire temporaneamente il terreno non vegetato con uno strato di pacciamatura. L'inverdimento deve essere effettuato il più presto o il più tardi possibile nel periodo vegetativo. In piena estate, le alte temperature, i lunghi periodi di siccità o le forti piogge possono mettere in pericolo lo sviluppo del seme o la crescita della zolla.

La semina durante il periodo vegetativo può essere effettuata ancora in luglio fino alla fascia montana. Alle fasce più elevate, la semina dovrebbe avvenire al più tardi in giugno. La semina precoce sfrutta l'umidità invernale e dà alle piantine il tempo di svilupparsi (Krautzer et al. 2012b). Se il rinverdimento deve essere effettuato durante un periodo siccitoso, è consigliabile utilizzare per l'irrigazione i tubi della neve delle piste da sci o altre fonti d'acqua vicine, se disponibili (AGHB, comunicazione orale).

Ad ogni modo, l'irrigazione comporta anche dei rischi: una volta avviata, deve essere continuata con costanza per tutta la stagione siccitosa. Inoltre, l'irrigazione richiede una gestione corretta e un controllo accurato per evitare il dilavamento.

In generale, ad alta quota si preferisce la semina dormiente, che viene effettuata il più tardi possibile alla fine della

Tabella 5: Periodo ottimale (verde scuro) e possibile (verde chiaro) per il trasferimento diretto, il trapianto di zolle e l'impianto

	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Sub-alpino				1] 1]	1] 1]		2]	
Alpino				1] 1]	1] 1]		2]	
Sub-nivale							2]	

1] Pericolo di siccità: in questo caso è necessario irrigare.

2] Se è imminente un'ondata di freddo, agire rapidamente e rinverdire subito. Non spostare le zolle erbose quando il terreno è gelato.

Tabella 6: Periodo ottimale (verde scuro) e possibile (verde chiaro) per tutti i metodi di semina.

	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre
Sub-alpino								
Alpino								
Sub-nivale								

stagione vegetativa, preferibilmente poco prima dell'arrivo della neve [Krautzer et al. 2012b]. Ad eccezione del trasferimento di materiale fresco falciato, tutti i metodi possono essere eseguiti come semina dormiente. Nei luoghi a rischio di erosione o per migliorare il letto di germinazione, si utilizzano gli stessi collanti della semina normale [Krautzer et al. 2007]. La germinazione avviene nella primavera successiva, dopo lo scioglimento delle nevi. Il seme emergente beneficia così in modo ottimale dell'umidità invernale (scioglimento della neve) e può sfruttare l'intero periodo vegetativo. La semina a spaglio è particolarmente consigliata alle altitudini più elevate, quando le settimane di vegetazione rimanenti non permettono più al seme di crescere in modo sicuro o quando c'è il rischio di siccità in estate. Una copertura nevosa chiusa in inverno aumenta il successo dell'inverdimento [Krautzer et al. 2012b]. Il metodo dà buoni risultati, ma se i semi vengono seminati troppo presto o in assenza di copertura nevosa, si possono verificare perdite elevate a causa della predazione degli uccelli o di una germinazione troppo precoce nelle calde giornate autunnali o invernali [Krautzer und Graiss 2008, Bosshard et al. 2013]. In primavera, c'è un certo rischio che vengano dilavati dall'acqua di fusione [Tamegger 2017].

6.6. Cure finali

Le cure finali comprendono tutte le misure di manutenzione necessarie fino al collaudo dell'opera [Bosshard et al. 2013]. In seguito, la manutenzione dello sviluppo prosegue con la presa in consegna e dura fino al raggiungimento dell'obiettivo di rinverdimento (vedi capitolo 8.1). Se le aree non vengono utilizzate per scopi agricoli dopo il completamento del controllo dei risultati, si può concordare una manutenzione a lungo termine (vedi Capitolo 9).

Responsabilità

L'azienda incaricata di eseguire l'inverdimento è di solito responsabile della manutenzione finale [Bosshard et al. 2013]. Questo dovrebbe essere specificato nella gara d'appalto per i lavori di rinverdimento.

Taglio di pulizia

Un taglio di pulizia – detto anche di sfoltimento o di manutenzione – è consigliato quando la copertura del suolo della vegetazione alloctona o non auspicata supera il 50% o si raggiunge un'altezza di crescita di 30 cm [Krautzer et al. 2000].

Recinzione

La recinzione racchiude l'area rinverdata e la protegge dai danni del pascolo e dal calpestio [Figura 31]. Si raccomanda di mantenerla per almeno due anni (vedi capitolo 9.3).

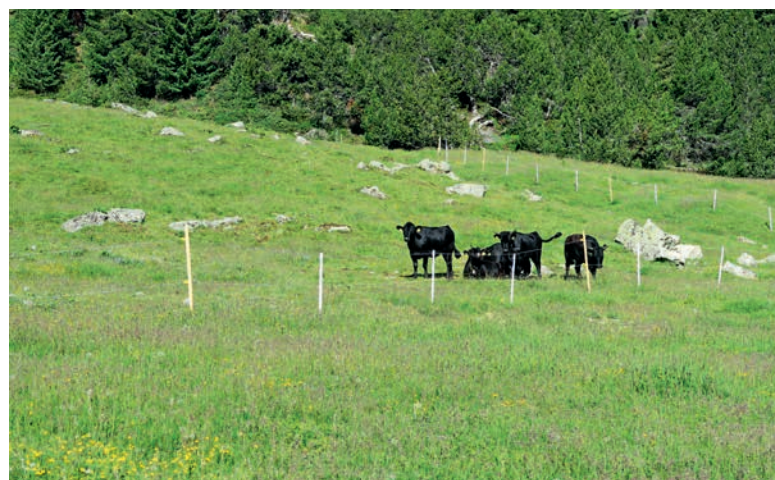


Figura 31: Area recintata [Foto: M. Schneider].

7 Collaudo e controllo dei risultati

Alla fine dei lavori si svolgono sia il collaudo che i controlli dei risultati [Figura 32]. Dal punto di vista della tempistica questi due aspetti sono interdipendenti. Il completamento dell'inverdimento viene verificato durante il controllo dei lavori eseguiti e, se necessario, con il collaudo. Il collaudo degli interventi ambientali avviene quando il risultato può essere valutato in modo definitivo. Questo può avvenire contemporaneamente al collaudo dei lavori o dopo il completamento del controllo dei risultati [Brunner und Schmidweber 2007].

7.1 Collaudo e presa in consegna dell'opera Collaudo

Il collaudo dell'opera secondo la norma SIA 118 rappresenta la consegna dell'opera completata al committente. Il collaudo avviene tra il committente e l'impresa di costruzione. Esonera l'impresa dalla sua responsabilità nei confronti del committente. I risultati vengono solitamente messi a verbale e convalidati con firma. Con il collaudo inizia il periodo di reclamo dei difetti [vedi capitolo 4.2] [Brunner und Schmidweber 2007].

Presa in consegna

Secondo la norma VSS SN 640 610b, la presa in consegna avviene tra l'autorità e l'impresa al termine della fase di realizzazione e libera l'impresa dagli obblighi nei confronti dell'autorità [Brunner und Schmidweber 2007]. Questo controllo non avviene per tutti i progetti, ma è necessario, ad esempio, per la costruzione di funivie al fine di ottenere l'autorizzazione di esercizio [Brunner und Schmidweber 2007].

Collaudo ambientale

Una volta soddisfatte tutte le condizioni e implementate tutte le misure, le autorità preposte al rilascio delle autorizzazioni effettuano il collaudo ambientale del progetto [BAFU und BAV 2013]. Di solito l'autorità preposta al rilascio delle autorizzazioni lo prevede 1-3 anni dopo il

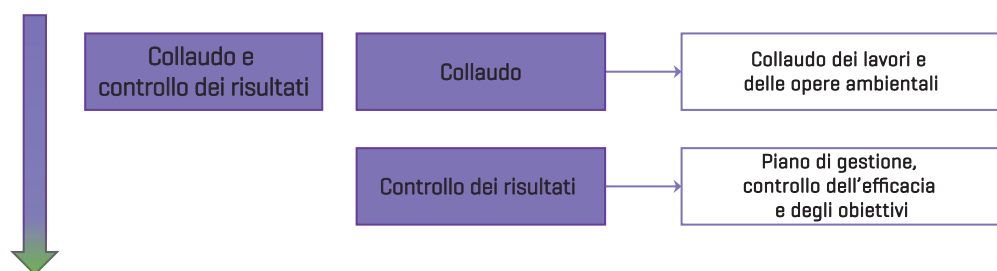


Figura 32: Panoramica dei contenuti della procedura per il collaudo e il controllo dei risultati.

completamento dei lavori. Durante questa ispezione, l'accompagnamento ambientale dei lavori è di solito responsabile della presentazione dei lavori di rinverdimento e della determinazione del grado di successo attuale.

Durante questo collaudo, il committente riceve una valutazione ufficiale del successo dell'inverdimento e, se opportuno, l'esonero dagli obblighi nei confronti delle autorità [Brunner und Schmidweber 2007]. Tuttavia, a seconda dell'evoluzione dell'inverdimento, o in caso di rinverdimento parziale o fallito, si possono stabilire miglioramenti successivi e una nuova data per il collaudo. Ad alta quota, la valutazione del successo dopo 1–3 anni è troppo precoce a causa del lento sviluppo della vegetazione, per cui a questo punto si può fare solo un bilancio del successo in termini di protezione dall'erosione e registrare una tendenza dello sviluppo della vegetazione. Spesso il raggiungimento degli obiettivi dell'inverdimento può essere valutato in modo definitivo solo dopo 5–10 anni (vedi capitolo 4.4).

Il collaudo conferma che i requisiti ambientali del progetto sono stati adempiuti in modo soddisfacente.

A questo punto, la vegetazione si sta sviluppando nella direzione desiderata e si trova in una fase che permette di concludere che non sono presenti specie indesiderate (se necessario, tramite interventi di manutenzione mirati) e che l'obiettivo dell'inverdimento è stato raggiunto [Krautzer et al. 2000].

7.2 Controllo dei risultati

La controllo dei risultati è un termine che raggruppa il controllo dell'attuazione, dell'efficacia e degli obiettivi. Verifica se l'obiettivo precedentemente formulato di una misura è stato raggiunto e suggerisce eventuali correzioni.

Il controllo dell'attuazione verifica se le misure progettate sono state realizzate correttamente.

Durante il controllo dell'efficacia, si determina se le misure implementate portano agli effetti previsti o se ci sono sviluppi imprevisti e indesiderati.

Le singole misure e la loro efficacia [ad esempio, le canalette trasversali come protezione dall'erosione] possono essere valutate separatamente, ma devono in ultima analisi contribuire all'obiettivo generale di un rinverdimento di successo.

Un eventuale controllo degli obiettivi serve a verificare se gli obiettivi definiti inizialmente sono appropriati anche nelle condizioni attuali. Non si svolge nell'ambito dell'AAL [Maurer und Marti 1999, Brunner und Schmidweber 2007],

ma è oggetto della valutazione della strategia da parte dell'autorità e consente di ottimizzare le condizioni per le prossime procedure di approvazione.

Il prerequisito per il controllo dei risultati sono obiettivi definiti in anticipo e quantificabili o verificabili. Questi vengono stabiliti valutando il sito e definendo gli obiettivi di rinverdimento.

Responsabilità

Il controllo dell'attuazione e il controllo dell'efficacia devono essere effettuati dall'AAL o dalla direzione dei lavori d'inverdimento. Il controllo degli obiettivi, cioè l'adeguatezza degli stessi, viene effettuato separatamente, se mai, da una persona esperta incaricata delle autorità [Brunner und Schmidweber 2007].

Tempistica del controllo dell'efficacia

Con il controllo dell'attuazione e dell'efficacia e il collaudo ambientale formale da parte dell'autorità, si conclude provvisoriamente il controllo dei risultati del progetto. La tempistica di questi passi deve quindi essere già prevedibile per il committente al momento dell'approvazione del progetto [Brunner und Schmidweber 2007].

Il controllo dell'attuazione avviene successivamente durante l'esecuzione e/o nell'ambito del collaudo. Il controllo degli effetti avviene parallelamente al controllo dell'attuazione e/o dopo la fine dei lavori di costruzione [Brunner und Schmidweber 2007].

Il controllo dell'efficacia può essere definitivamente concluso solo quando il rinverdimento ha raggiunto uno stadio di sviluppo che garantisce il raggiungimento di tutti gli obiettivi previsti. Il periodo di tempo viene determinato con l'obiettivo di rinverdimento e di solito varia tra due anni per i primi obiettivi intermedi e 10 anni per un controllo dei risultati definitivo sui prati estensivi.

Mancato raggiungimento degli obiettivi

Il controllo dei risultati determina anche se gli obiettivi formulati non sono stati raggiunti. Allo stesso tempo, offre la possibilità di formulare misure per migliorare la situazione e raggiungere gli obiettivi di rinverdimento [Brunner und Schmidweber 2007]. Le norme SIA 118 e 318 contengono ulteriori dettagli [SIA 2009, 2013]. Se necessario, in caso di mancato raggiungimento degli obiettivi, l'autorità prescrive adeguate misure sostitutive.

8 Cure di avviamento/ Lavori finali

Dopo il collaudo, le aree inverdite devono essere monitorate e gestite fino al raggiungimento dell'obiettivo di inverdimento [Figura 33]. Se durante il controllo dell'efficacia vengono riscontrate delle lacune, oltre alla manutenzione è necessaria una risemina. L'uso deve essere adattato al sito e all'obiettivo di rinverdimento. Per garantire il finanziamento di questi lavori e creare condizioni trasparenti, la manutenzione, il controllo dei risultati e il successivo utilizzo devono essere previsti e pianificati già durante la fase di progettazione e le responsabilità devono essere chiarite.

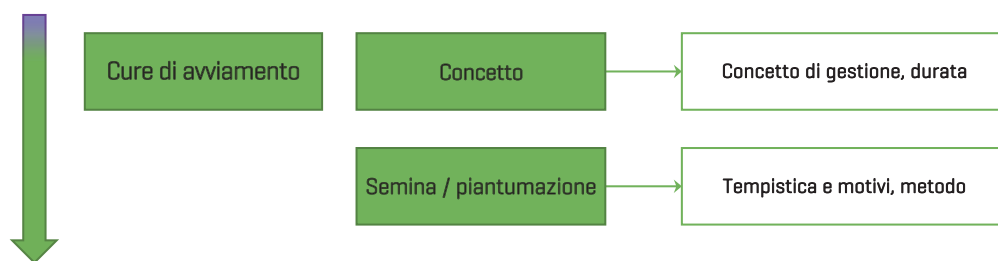


Figura 33: Panoramica della procedura per le cure di avviamento.

8.1 Cure di avviamento

Concetto

La responsabilità, il tipo di manutenzione e il periodo, ecc. per lo sviluppo e, se necessario, la successiva manutenzione devono essere definiti durante la fase di progettazione, ad esempio in un concetto di cura o manutenzione.

Ambito di applicazione

L'inverdimento adeguato alla stazione di solito richiede poca manutenzione [Krautzer et al. 2012b]. L'entità delle cure dipende dallo stato di sviluppo, dalla vegetazione alloctona emergente e dalle condizioni della stazione. Inizialmente, le aree devono essere controllate annualmente in primavera per verificare la presenza di danni da erosione e la comparsa di specie indesiderate, finché la vegetazione non fornisce una protezione sufficiente dall'erosione [AGHB, comunicazione orale]. Un taglio di pulizia può essere utile per controllare le erbe che si sviluppano eccessivamente nelle aree intensive. Si effettua all'inizio della stagione di crescita, quando le erbe hanno raggiunto una certa altezza [massimo 15–20 cm].

Durata

La manutenzione dello sviluppo è solitamente scaglionata in diverse fasi di lavoro e dura fino al raggiungimento dell'obiettivo di inverdimento [Bosshard et al. 2013].

8.2 Semina e piantumazione successive

Tempistica

La semina successiva viene effettuata non prima di un periodo di vegetazione. A causa della dormienza, l'emergenza dei semi può richiedere un periodo di gelo, una certa lunghezza del giorno o il calore [Schwienbacher et al. 2011]. Questo aspetto deve essere preso in considerazione al momento della decisione. Per la semina successiva valgono le stesse indicazioni stagionali delle semine normali [Tabelle 5 e 6].

Motivi per una semina successiva

- Copertura del 50% inferiore all'obiettivo di rinverdimento [Krautzer und Klug 2009];
- Insufficiente penetrazione delle radici nel terreno;
- Il raggiungimento dell'obiettivo di rinverdimento è improbabile [Krautzer et al. 2000];
- Fenomeni di erosione, danni da calpestio, frane, danni da siccità.

Procedura

Per le semine successive su piccola scala, il terreno viene irruvidito e poi seminato a mano [Krautzer et al. 2007]. In alternativa, si procede ad un nuovo rinverdimento [Krautzer et al. 2000]. In caso di carenze su larga scala, potrebbe essere necessario effettuare un secondo rinverdimento completo.

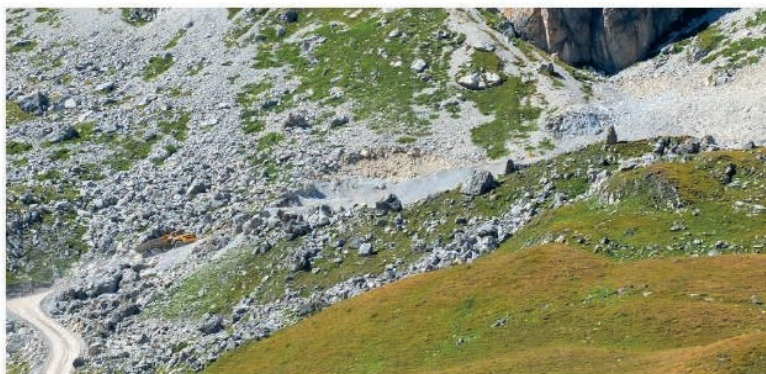
Responsabilità

La responsabilità deve essere definita durante la fase di progettazione.

Ulteriori misure

A seconda della causa, le seguenti misure possono favorire il successo della semina successiva:

- Selezionare sementi più adatte [Bosshard et al. 2013];
- Miglioramento delle condizioni locali del suolo;
- Riparazione dei danni con misure edili.



Saatgut – individuelle Mischungen mit MykoFix
Mit Sicherheit hoch hinaus

OHS Otto
Hauenstein
Samen

www.hauenstein.ch | info@hauenstein.ch | 044 879 17 19



9 Uso successivo, Manutenzione

Le cure di avviamento terminano con il completamento del controllo dei risultati. Seguono il riutilizzo del sito o manutenzione ordinaria [Figura 34].

9.1 Criteri per lo sfruttamento

Se la stabilità del suolo e il grado di copertura soddisfano i requisiti dell'uso previsto, viene dato il via libera per lo sfruttamento a lungo termine [Krautzer et al. 2000]. Se l'area non è utilizzata per scopi agricoli, le cure di manutenzione possono essere adeguate per le aree di valore ecologico.

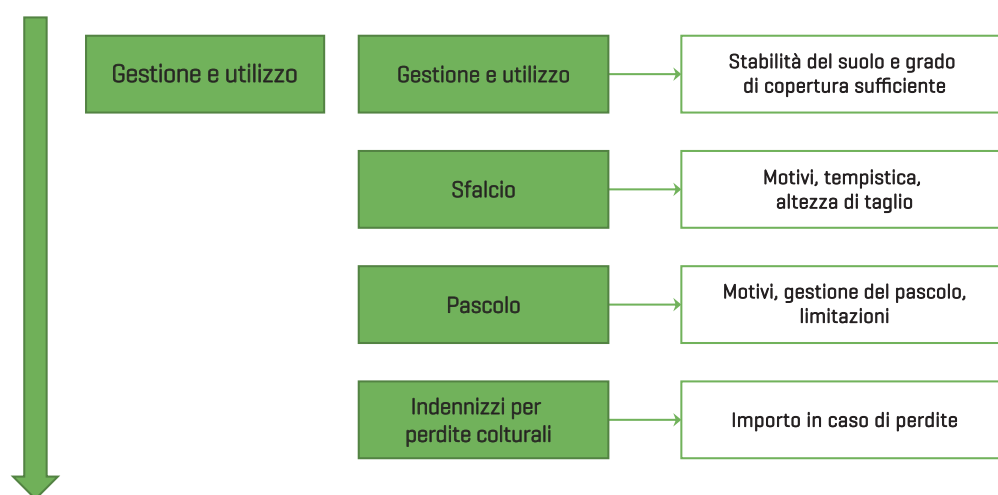


Figura 34: Panoramica della procedura per le utilizzazioni successive

9.2 Sfalcio

Motivi della falciatura

Il taglio di un prato falciato serve all'agricoltura. A parte questo, lo sfalcio può essere auspicabile per vari motivi:

- per prevenire il soffocamento, l'invasione della macchia e il rimboschimento [Bosshard et al. 2013];
- se una crescita troppo densa porta a una mancanza di aria e luce [Lichtenegger 1994];
- se si vogliono promuovere specie a bassa crescita o di vegetazione erbosa [Lichtenegger 1994];
- In caso di utilizzo successivo del pascolo per stimolare la crescita delle radici [AGHB, comunicazione orale].

Tempistica per la falciatura

La frequenza e i tempi di sfalcio devono essere adattati alle specie presenti e alle condizioni locali [Lichtenegger 1994]. In questo contesto, è necessario assicurarsi che i tempi di sfalcio siano adeguati all'altitudine, in conformità con i requisiti della OPD. Se lo sfalcio serve solo a prevenire il rimboschimento, è sufficiente un taglio ogni 1–3 anni [Dux et al. 2009].

Altezza di taglio

L'altezza di taglio varia da 8 a 10 [–12] cm [Bosshard et al. 2013]. Lo sfalcio basso favorisce solo alcune specie [soprattutto erbosa]; le erbe dei prati, in particolare, sono più sensibili al taglio basso. La biomassa rimanente con un taglio più alto ha un effetto positivo sul microclima.

Rimozione del materiale falciato

Nel caso di vegetazione giovane con un quantitativo basso di materiale vegetale, quest'ultimo viene solitamente lasciato sul posto per arricchire la materia organica del terreno. Questo vale anche per i terreni in cui il contenuto organico è notevolmente ridotto a causa delle attività di costruzione. Se l'arricchimento di nutrienti è indesiderato [ad esempio in prati semi-aridi, prati secchi o siti umidi], il materiale falciato deve essere rimosso [Bosshard et al. 2013]. Questo vale anche in caso di falciatura dovuta al rischio di mancanza di aria e luce [Lichtenegger 1994].

9.3 Pascolazione

Motivi della pascolazione

Nelle aree strutturalmente ricche ad alta quota, il pascolo è spesso l'unica forma di sfruttamento possibile. Il pascolo crea ulteriori piccole strutture come macchie spoglie, alberi o nodi erbosi a causa del calpestio del bestiame [Dux et al. 2009].

Tempistica e tipo di pascolazione

La pascolazione è consigliata non prima di due anni e solo dopo la completa chiusura della copertura del suolo con lo strato erboso [Lichtenegger 1994]. Poiché le giovani piantine non formano ancora un manto erboso calpestabile, il primo pascolo deve essere effettuato con delicatezza, per un periodo limitato di una o due settimane e solo quando il terreno è asciutto [Krautzer et al. 2000, Schneider et al. 2017]. Col tempo, il pascolo rafforza il manto erboso e l'orizzonte superiore del suolo [AGHB, comunicazione orale]. Per evitare gravi danni da calpestio, si dovrebbe scegliere bestiame il più leggero possibile e la densità di bestiame dovrebbe essere adattata alle condizioni [Pauler et al. 2019].

Per evitare una pascolazione eccessiva di singoli siti, ad esempio aree vicine a stalle o zone umide [Figura 35], si raccomanda di pianificare bene la gestione [Bollmann et al. 2014]. Nei siti ripidi e ricchi di argilla, il bestiame, solo leggero, dovrebbe pascolare preferibilmente in condizioni di asciutto [Lichtenegger 1994]. I giovani bovini o gli ovini/caprini sono più adatti in questi siti [Krautzer et al. 2000]. Per i terreni agricoli si applicano le direttive della OPD.



Figura 35: Il pascolo nei siti umidi provoca danni da calpestio [Foto: M. Peters].

9.4 Risarcimento per perdite di rendimento

Le indennità e i contributi per le aree destinate alla produzione di foraggio dipendono dal livello di altitudine [sotto/ sopra i 1400 m s.l.m.] e dall'intensità dello sfruttamento [estensivo, meno intensivo, intensivo]. Il calcolo dell'indennizzo per la perdita di resa a breve termine viene effettuato con l'aiuto di esperti secondo le «Guida per la stima in caso di danni alle colture» dell'Unione svizzera dei contadini [USC]. In caso di perdita di rendimento per più anni, fanno fede le specifiche linee guida per la valutazione della perdita di reddito per terreni coltivati utilizzati per più anni dell'USC [in tedesco: «Wegleitung für die Bemessung des Einkommensausfalles für mehrjährig beanspruchtes Kulturland»]. Le linee guida vengono pubblicate annualmente.

10 Prospettive

Dodici anni dopo la pubblicazione della prima edizione delle linee guida per il rinverdimento ad alta quota, i risultati più recenti della ricerca, ma anche le esperienze dei membri dell'AGHB, sono stati integrati in questa seconda edizione. Da allora molto è stato fatto, ma ci sono ancora possibilità di migliorare ulteriormente la qualità dei rinverdimenti.

Nel caso delle sementi, gli sforzi dei produttori di sementi hanno portato alla disponibilità di sementi di ecotipi svizzeri e, in molti casi, anche di ecotipi regionali per le grandi regioni. Per i progettisti e società d'inverdimento è importante ottenere per tempo sementi di alta qualità nelle quantità desiderate. Ulteriori sforzi possono contribuire a garantire che in futuro le sementi possano essere ordinate con breve preavviso anche per le subregioni.

Per quanto riguarda la composizione delle specie dei miscugli, sono state incluse nella propagazione specie aggiuntive sulla base di analisi sulla vegetazione, al fine di poter seminare il più simile possibile ai tipi di vegetazione esistenti. Tuttavia, non tutte le specie possono essere propagate allo stesso modo, per cui sono necessarie ulteriori ricerche e approfondimenti.

Anche nel caso della semina con ecotipi locali o della semina diretta, le differenze tra un'area seminata e la vegetazione circostante rimangono visibili per molto tempo a causa della crescita lenta delle piante alpine, soprattutto al di sopra del limite del bosco, e della struttura disturbata del suolo. Con il trapianto di piante preseminate e di terriccio radicato, questo svantaggio può venire parzialmente eliminato. Il trapianto di zolle o il trasferimento diretto è quindi la misura più promettente per il rinverdimento ad alta quota. Tuttavia, non è sempre possibile procurarsi quantità sufficienti di zolle erbose sul posto. Attualmente sono in corso sforzi per produrre zolle con la vegetazione desiderata [vegetazione erbosa appropriata al sito nella composizione desiderata]. Oltre agli sforzi attuali di ricercatori, aziende produttrici di sementi e professionisti, ci sono anche idee che sono ancora nelle prime fasi di sviluppo. Ad esempio, l'uso di droni potenti al posto degli elicotteri potrebbe far risparmiare costi ed energia.

Nuove sfide sono poste dal riscaldamento climatico, che ha un impatto sui fattori di siti ad alte quote e quindi sulla vegetazione. Oltre all'aumento della temperatura, gli inverni più piovosi e le estati più secche in Europa centrale pongono nuove sfide alla vegetazione [Bloemer 2008]. Saranno necessari adattamenti alle nuove situazioni e saranno inclusi nelle future edizioni delle linee guida.

11 Bibliografia

- Agridea. 2015. Direktbegrünung artenreicher Wiesen in der Landwirtschaft – Leitfaden für die Praxis zum Einsatz von regionalem Saatgut in Biodiversitätsförderflächen.
- Ammann, M. 2017. Ingenieurbiologische Verbaumethoden von Hängen – Praxisbeispiele. *Ingenieurbiologie* 3/2017: 25-30.
- Andrey, C., und M. Streit. 2005. Ansaat von schwer zugänglichen Flächen mittels Helikoptersaat – am Beispiel des Schutzdammes l'Arlé in Mottec [VS]. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 9-11. Verein für Ingenieurbiologie.
- ANU. 2018. Richtlinie zur Bemessung der Ersatzpflicht und zur Bewertung von Ersatzmassnahmen bei Eingriffen in schutzwürdige Biotope oder in geschützte Landschaften. ANU-404-12d. Amt für Natur und Umwelt Graubünden ANU.
- BAFU. 2017. Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. Aktionsplan des Bundesrates. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- BAFU, und BAV. 2013. Umwelt und Raumplanung bei Seilbahnvorhaben. Vollzugshilfe für Entscheidbehörden und Fachstellen, Seilbahnunternehmungen und Umweltfachleute. Umwelt-Vollzug Nr. 1322. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bundesamt für Verkehr, BAV, Bern.
- Baruck, J., O. Nestroy, G. Sartori, D. Baize, R. Traidl, B. Vrščaj, E. Bräm, F. E. Gruber, K. Heinrich, und C. Geitner. 2016. Soil classification and mapping in the Alps: The current state and future challenges. *Geoderma* 264: 312-331.
- Bellini, E. 2015. Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Umwelt-Wissen Nr. 1508. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Bloemer, S. 2008. Ingenieurbiologie und Klimawandel – worauf sich Planer und Unternehmen einstellen müssen. *Neue Landschaft* 8: 46-53. Patzer Verlag, Berlin und Hannover.
- Blume, H.-P., G. W. Brümmer, R. Horn, E. Kandeler, I. Kögel-Knabner, R. Kretschmar, K. Stahr, und B.-M. Wilke. 2010. Scheffer/Schachtschnabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Bollmann, R., M. Schneider, und C. Flury. 2014. Minimalnutzungsverfahren zur Offenhaltung der Kulturlandschaft. *Agroscope Science* Nr. 7. Agroscope, Zürich-Reckenholz.
- Bosshard, A. 2016. Autochthones Saatgut für Hochlagenbegrünungen: Herausforderungen und aktuelle technische Entwicklungen. *Ingenieurbiologie* 3/2016: 41-43.
- Bosshard, A., P. Mayer, und A. Mosimann. 2013. Leitfaden für naturgemässe Begrünungen in der Schweiz. Ö+L Ökologie und Landschaft GmbH, Oberwil-Lieli.

Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Wien.

Brunner, J., F. Jäggli, J. Nievergelt, und K. Peyer. 1997. Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe der FAL. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.

Brunner, W., und A. Schmidweber. 2007. Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle. Einbindung in den Bau und Betrieb eines Vorhabens. Umweltwissen Nr. 0736. BAFU Bundesamt für Umwelt, Bern.

Bühler, C., K. Wunderle, S. Birrer, R. Meier, M. Achermann, H. Zeh, und L. von Fellenberg. 2015. Bewertung von Eingriffen in schützenswerte Biotope, Bilanzierung von Ersatzmassnahmen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.

D'Amico, M. 2015. Soil genesis in recently deglaciated areas. in *Understanding mountain soils: A contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015*. R. Rosalaura, V. Alessia, et al., Hrsg. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.

Delarze, R., und Y. Gonseth. 2008. Lebensräume der Schweiz. 2. Auflage. Ott Verlag, Bern.

Dierssen, K. 1990. Einführung in die Pflanzensoziologie. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

Durka, W., S. G. Michalski, K. W. Berendzen, O. Bossdorf, A. Bucharova, J. M. Hermann, N. Hölzel, J. Kollmann, und S. Wan. 2017. Genetic differentiation within multiple common grassland plants supports seed transfer zones for ecological restoration. *Journal of Applied Ecology* 54: 116-126.

Dux, D., K. Matz, C. Gazzarin, und M. Lips. 2009. Was kostet offenes Grünland im Berggebiet. *AGRAR Forschung* 16: 10-15.

Eberhardt, H. 1999. Die alpinen Höhenstufen. URL: <http://www.geographie.uni-stuttgart.de/exkursionsseiten/graubuenden/vegetation.htm> Abgerufen am: 11.04.2018. Universität Stuttgart, Institut für Geographie, Stuttgart.

Ellenberg, H., und C. Leuschner. 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Fernández-Pascual, E., B. Jiménez-Alfaro, Á. Bueno, und R. Bekker. 2017. Comparative seed germination traits in alpine and subalpine grasslands: higher elevations are associated with warmer germination temperatures. *Plant Biology* 19: 32-40.

FiBL. 2018. Betriebs- und Futtermittel für den biologischen Landbau in der Schweiz. URL: <http://www.betriebsmittelliste.ch/de/hifu.html> Abgerufen am: 18.04.2018.

Fleischhacker, V., H. Formayer, T. Gerersdorfer, und A. Prutsch. 2012. Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030. Auswirkungen, Chancen & Risiken, Optionen & Strategien. Studien-Kurzfassung. Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (BMWFW), Sektion Tourismus und Historische Objekte, Tourismus-Service-stelle, Wien.

Florineth, F. 1995. Erosion control above the timberline in South Tyrol, Italy. Seiten 85-94 in *Vegetation and slopes: stabilisation, protection and ecology*. Proceedings of the international conference held at the University Museum, Oxford, 29-30 September 1994. Institution of Civil Engineers

Florineth, F. 2000. Neue Ansaatmethoden zur Begrünung von Erosionszonen über der Waldgrenze. Seiten 17-28 in *Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 - Villach*.

Florineth, F. 2004. Pflanzen statt Beton – Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.

Florineth, F. 2014. Langjährige Hangsicherung durch bepflanzte Holzkrainerwände in Südtirol. *Ingenieurbiologie* 3/2014: 4-9.

Forbis, T. A., und D. F. Doak. 2004. Seedling establishment and life history trade-offs in alpine plants. *American Journal of Botany* 91: 1147-1153.

Gobiet, A., S. Kotlarski, M. Beniston, G. Heinrich, J. Rajczak, und M. Stoffel. 2014. 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment* 493: 1138-1151.

Gonseth, Y., T. Wohlgemuth, B. Sansonnens, und A. Buttler. 2001. Die biogeographischen Regionen der Schweiz – Erläuterungen und Einteilungsstandard. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Graf, F. 1998. Anforderungen an den Boden bei Renaturierungen oberhalb der Waldgrenze. *Ingenieurbiologie* 4/1998: 12-17. Verein für Ingenieurbiologie.

Graf, F., P. Bebi, U. Braschler, G. De Cesare, M. Frei, P. Gremminger, K. Grunder, N. Hähnen, C. Rickli, C. Rixen, A. Sandri, S. M. Springman, J.-J. Thormann, N. von Albertini, und A. Yildiz. 2017. Pflanzenwirkungen zum Schutz vor flachgründigen Rutschungen. Seite 42 S. WSL Berichte WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, Davos.

Graiss, W., und B. Krautzer. 2006. Methoden zur Etablierung von Saaten bei der Hochlagenbegrünung. Seiten 75-80 in *Tagung 5-9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit artgerechtem Saat- und Pflanzgut*, Irdning.

- Graiss, W., und B. Krautzer. 2011. Soil Erosion and Surface Runoff on Slopes in Mountain Environment Depending on Application Technique and Seed Mixture – A Case Study. Seiten 193–212 in *Soil Erosion*. D. Godone, InTech, Rijeka.
- Hagen, D., T.-I. Hansen, B. J. Graae, und K. Rydgren. 2014. To seed or not to seed in alpine restoration: introduced grass species outcompete rather than facilitate native species. *Ecological Engineering* 64: 255–261.
- Hess, H. E., E. Landolt, und R. Hirzel. 1977. *Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Hess, H. E., E. Landolt, R. Müller-Hirzel, und M. Baltisberger. 2015. *Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete*. 7. Auflage. Springer Verlag, Basel.
- Heuerding, E. 2005. Alpine Begrünungen bei der Grande Dixence. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 12–16.
- Hintermaier-Erhard, G., und W. Zech. 1997. *Wörterbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Hürlimann, R. 2007. Werkabnahme gemäss SIA-Norm 118 und die Mängelhaftung. in *Schweizerische Baurechtstagung 2007*, Freiburg.
- InfoFlora. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. URL: www.infoflora.ch Abgerufen am: 10.05.2018.
- Isselin-Nondedeu, F., und A. Bédécarrats. 2009. Assessing the dominance of *Phleum pratense* cv. climax, a species commonly used for ski trail restoration. *Applied Vegetation Science* 12: 155–165.
- Kägi, B., A. Stalder, und M. Thommen. 2002. *Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. Leitfaden Umwelt Nr. 11*. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Kardol, P., T. M. Bezemer, und W. H. v. d. Putten. 2006. Temporal variation in plant–soil feedback controls succession. *Ecology Letters* 9: 1080–1088.
- Kirmer, A., B. Krautzer, M. Scott, und S. Tischew. 2012. *Praxishandbuch zur Samengewinnung und Renaturierung von artenreichem Grünland*. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Kirmer, A., und S. Tischew. 2006. *Handbuch naturnahe Begrünung von Rohböden*. B. G. Teubner Verlag, Wiesbaden.
- Körner, C. 2003. *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer Verlag, Berlin.
- Körner, C. 2014. Grundlagen der Pflanzenökologie. Seiten 742–757 in *Strasburger Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften*. Springer Spektrum.
- Körner, C., M. Neumayer, S. P. Menendez-Riedl, und A. Smeets-Scheel. 1989. Functional Morphology of Mountain Plants. *Flora* 182: 353–383.
- Krautzer, B., und W. Graiss. 2008. Die perfekte Schlagsaat. *Kärntner Saatbau Aktuell*: 14–15, Klagenfurt.
- Krautzer, B., und W. Graiss. 2015. Wissenschaftliche Grundlagen für die Entwicklung technischer Linee guida. Seiten 37–47 in *Tagung – Begrünung mit Wildpflanzensaatgut*, 17. – 18. Juni 2015. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und A. Blaschka. 2007. Standortgerechte Hochlagenbegrünung in Österreich. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und A. Blaschka. 2012a. Prüfrichtlinie für die Zertifizierung und den Vertrieb von regionalen Wildgräsern und Wildkräutern nach «Gumpensteiner Herkunftszertifikat» [G-Zert]. Irdning.
- Krautzer, B., W. Graiss, und B. Klug. 2013. Ecological Restoration of Ski-Runs. Seiten 184–209 in *The Impacts of Skiing and Related Winter Recreational Activities on Mountain Environments*. C. Rixen and A. Rolando, Hrsg. Bentham Science.
- Krautzer, B., W. Graiss, G. Peratoner, C. Partl, S. Venerus, und B. Klug. 2011. The influence of recultivation technique and seed mixture on erosion stability after restoration in mountain environment. *Natural Hazards* 56: 547–557.
- Krautzer, B., und B. Klug. 2009. Renaturierung von subalpinen und alpinen Ökosystemen. Seiten 209–234 in *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. S. Zerbe and G. Wiegand, Hrsg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Krautzer, B., C. Partl, und W. Graiss. 2012b. Hochlagenbegrünung in Österreich: Stand des Wissens und aktuelle Herausforderungen. *Ingenieurbiologie* 3/2012: 34–39.
- Krautzer, B., C. Uhlig, und H. Wittmann. 2012c. Restoration of Arctic-Alpine Ecosystems. in *Restoration Ecology: The New Frontier*, Second Edition. J. van Andel and J. Aronson, Hrsg. Wiley-Blackwell.
- Krautzer, B., H. Wittmann, und F. Florineth. 2000. Richtlinie für standortgerechte Begrünungen. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (ÖAG), Irdning.
- Krautzer, B., H. Wittmann, G. Peratoner, W. Graiss, C. Partl, G. Parente, S. Venerus, C. Rixen, und M. Streit. 2006. Standortgerechte Hochlagenbegrünung im Alpenraum. Der aktuelle Stand der Technik. in *Site-specific high zone restoration in the alpine region. The current technological development*. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning.

- Kreeb, K.-H. 1994. Vegetationskunde, Methoden und Vegetationsformen unter Berücksichtigung ökosystematischer Aspekte. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Kretzschmar, R. 2017. Pedosphäre. ETH Eskript, Zürich.
- Krüsi, B. O. 2014. Hochlagenbegrünung. *Anthos* 2: 45–47.
- Kulonen, A., R. A. Imboden, C. Rixen, S. B. Maier, S. Wipf, und J. Diez. 2018. Enough space in a warmer world? Microhabitat diversity and small-scale distribution of alpine plants on mountain summits. *Diversity and Distributions* 24: 252–261.
- Laiolo, P., und J. R. Obeso. 2017. Life-History Responses to the Altitudinal Gradient. Seiten 253–283 in *High Mountain Conservation in a Changing World*. J. Catalan, J. M. Ninot, et al., Hrsg. Springer International Publishing, Cham.
- Latzin, S. 2004. Standortsfaktoren, Struktur und innere Dynamik kalkalpiner Rasen auf dem Dachsteinplateau [Steiermark, Österreich]. *Stapfia* 83. Biology Centre of the Upper Austrian Museums, Linz.
- LfL. 2017. Bodenerosion – Wie stark ist die Bodenerosion auf meinen Feldern? Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.
- Lichtenegger, E. 1994. Hochlagenbegrünung: unter besonderer Berücksichtigung der Bepflanzung und Pflege von Schipisten. Pflanzensoziologisches Institut, Klagenfurt.
- LUBW. 2009. Arten, Biotope, Landschaft – Schlüssel zum Erfassen, Beschreiben, Bewerten. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Malaval, S., B. Lauga, C. Regnault-Roger, und G. Largier. 2010. Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the French Pyrenees. *Applied Vegetation Science* 13: 113–124.
- Marion, J. L., und J. Wimpey. 2007. Environmental impacts of mountain biking: science review and best practices. Seiten 94–111 in *Managing Mountain Biking, IMBA's Guide to Providing Great Riding*. International Mountain Biking Association, Boulder, Colorado.
- Marti, N., N. von Albertini, und B. O. Krüsi. 2016. Direkt umgelagerte Vegetationsziegel: Durchwurzelung und Vegetationslücken nach 5 Jahren. *Ingenieurbiologie* 3/2016: 4–12.
- Martin, C., M. Pohl, C. Alewell, C. Körner, und C. Rixen. 2010. Interrill erosion at disturbed alpine sites: Effects of plant functional diversity and vegetation cover. *Basic and Applied Ecology* 11: 619–626.
- Maurer, R., und F. Marti. 1999. Begriffsbildung zur Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftsschutz. Empfehlungen. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Mertz, P. 2008. Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen. Haupt Verlag, Bern.
- Meusburger, K., und C. Alewell. 2014. Soil Erosion in the Alps. Experience gained from case studies [2006–2013]. *Umweltstudien* Nr. 1408. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- Molder, F. 2006. Verwendung von Grünlandböden. Seiten 81–84 in *Tagung 5–9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit artgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning*.
- National Academies of Sciences, E., und Medicine. 2016. Spills of Diluted Bitumen from Pipelines: A Comparative Study of Environmental Fate, Effects, and Response. The National Academies Press, Washington, DC.
- Nentwig, W. 2011. Unheimliche Eroberer: Invasive Pflanzen und Tiere in Europa. Haupt Verlag, Bern.
- Nestroy, O., G. Aust, W. E. H. Blum, M. Englisch, H. Hager, E. Herzberger, W. Kilian, P. Nelhiebel, G. Ortner, E. Pecina, A. Pehamberger, W. Schneider, und J. Wagner. 2011. Systematische Gliederung der Böden Österreichs Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011. Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Wien.
- Newesely, C., A. Cernusca, und M. Bodner. 1994. Entstehung und Auswirkung von Sauerstoffmangel im Bereich unterschiedlich präparierter Schipisten. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 23: 277–282.
- Nievergelt, J., M. Petrasek, und P. Weisskopf. 2002. Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln. Schriftenreihe FAL. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- Nüesch, K. 2012. Am untrüglichsten ist die Natur. *g'plus* 21: 26–28. Jardins Suisse.
- Pauler, C. M., J. Isselstein, T. Braunbeck, und M. K. Schneider. 2019. Influence of Highland and production-oriented cattle breeds on pasture vegetation: a pairwise assessment across broad environmental gradients. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 284: 106585, 1–11.
- Polizzi, M. A. 2017. Performance of Alternative Straw Mulch Binding Agents. Master Thesis. NC State University.
- Raper, R. L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42: 259–280.
- RegioFlora. Der richtige Erntezeitpunkt. URL: <https://www.regioflora.ch/de/richtige-erntezeitpunkt.html> Abgerufen am: 11.04.2018.

- Rieger, E. 2006. Die Ausschreibungspraxis für Wildsaatgut in Deutschland. in Tagung 5.-9. Sept. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.
- Rixen, C., und T. Schmid. 2016. Begrünung in hohen Lagen. *dergartenbau* 25: 2-3.
- Rydgren, K., I. Auestad, L. N. Hamre, D. Hagen, L. Rosef, und G. Skjerdal. 2016. Long-term persistence of seeded grass species: an unwanted side effect of ecological restoration. *Environmental Science and Pollution Research* 23: 13591-13597.
- Rydgren, K., R. Halvorsen, A. Odland, und G. Skjerdal. 2011. Restoration of alpine spoil heaps: Successional rates predict vegetation recovery in 50 years. *Ecological Engineering* 37: 294-301.
- SBV. Schweizer Bauernverband – Agriexpert. URL: <https://www.agriexpert.ch/de/dienstleistungen/entschaedigungen/kulturschaden/> Abgerufen am: 21.03.2018. Schweizer Bauernverband, Brugg.
- Schaefer, M. 2012. Wörterbuch der Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Scherrer, D., und C. Körner. 2011. Topographically controlled thermal-habitat differentiation buffers alpine plant diversity against climate warming. *Journal of Biogeography* 38: 406-416.
- Schiechtl, H. M., und R. Stern. 1992. Handbuch für naturnahen Erdbau. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- Schmid, T., und M. Frei. 2005. Vorbeugen und heilen. *Ingenieurbiologie* 1/2005: 4-8. Verein für Ingenieurbiologie.
- Schmid, T., F. Oehl, und M. Streit. 2005. Verwendung von arbuskulären Mykorrhizapilzen bei der Begrünung von Rohböden. *Ingenieurbiologie* 3+4/2005: 44-45.
- Schneider, M., D. Suter, B. O. Krüsi, und C. Rixen. 2017. Begrünung in Hochlagen, Empfehlungen für die Wiederanlage landwirtschaftlich genutzter Flächen in hohen Lagen. AGFF Merkblatt. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues, Zürich-Reckenholz.
- Schützinger, C. 2015. Tourismus: Im Spannungsfeld zwischen Natur- und Kulturraum. *vorum – Zeitschrift für Raumplanung und Regionalentwicklung in Vorarlberg* 3: 8-9. Land Vorarlberg, Bregenz.
- Schweizerisches Idiotikon. URL: <https://digital.idiotikon.ch/idtkn/id14.htm#!page/140717/mode/1up> Abgerufen am: 25.8.2019, Zürich.
- Schwiebacher, E., J. A. Navarro-Cano, G. Neuner, und B. Erschbamer. 2011. Seed dormancy in alpine species. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 206: 845-856.
- Sengl, P., C. Hammer, und H. Kofler. 2014. Begrünung mit autochthonem/regionalem Saatgut – Handlungsleitfaden. Erstellt im Auftrag von Asfinag und ÖBB. ZT-Kanzlei für Ökologie, Pernegg a.d.Mur.
- SIA. 2009. SIA Norm 318. Garten- und Landschaftsbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- SIA. 2013. SIA Norm 118. Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- Stalljann, E. 2006. Der Einsatz von Hilfsstoffen in der standortgerechten Begrünung. in Tagung 5.-9. September HBFLA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saatgut, Irdning.
- Steinbauer, M. J., J.-A. Grytnes, G. Jurasinski, A. Kulonen, J. Lenoir, H. Pauli, C. Rixen, M. Winkler, M. Bardy-Durchhalter, E. Barni, A. D. Bjorkman, F. T. Breiner, S. Burg, P. Czortek, M. A. Dawes, A. Delimat, S. Dullinger, B. Erschbamer, V. A. Felde, O. Fernández-Arberas, K. F. Fossheim, D. Gómez-García, D. Georges, E. T. Grindrud, S. Häider, S. V. Haugum, H. Henriksen, M. J. Herreros, B. Jaroszewicz, F. Jaroszynska, R. Kanka, J. Kapfer, K. Klanderud, I. Kühn, A. Lamprecht, M. Matteodo, U. M. di Cella, S. Normand, A. Odland, S. L. Olsen, S. Palacio, M. Petey, V. Piscová, B. Sedlakova, K. Steinbauer, V. Stöckli, J.-C. Svenning, G. Teppa, J.-P. Theurillat, P. Vittoz, S. J. Woodin, N. E. Zimmermann, und S. Wipf. 2018. Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature* 556: 231-234.
- Steinger, T., C. Körner, und B. Schmid. 1996. Long-Term Persistence in a Changing Climate: DNA Analysis Suggests Very Old Ages of Clones of Alpine *Carex curvula*. *Oecologia* 105: 94-99.
- Stöckli, V., C. Rixen, und S. Wipf. 2002. Kunstschnee und Schneezusätze: Eigenschaften und Wirkungen auf Vegetation und Boden in alpinen Skigebieten. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos.
- Stöcklin, J. 2009. Anpassungen an das Leben in großer Höhe. Evolution bei Alpenpflanzen. *Biologie in unserer Zeit* 39: 186-194.
- Streit, M. 2006. Standortgerechtes Saatgut und angepasste Saattechnik – ein Blick in die Schweiz. Seiten 119-122 in Tagung 5.-9. September HBLFA Raumberg-Gumpenstein,

Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.

Swisstopo. Karten der Schweiz. URL: <https://map.geo.admin.ch> Abgerufen am: 10.05.2018. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

Tamegger, C. 2017. Schlafsaat als Alternative zur Frühjahrssaat. Kärntner Saatbau Aktuell 46: 8-9, Klagenfurt.

Tischew, S. 2006. Renaturierungsziele und Zielgesellschaften naturnaher Begrünungen von Rohböden in gemässigten Klimaten Mitteleuropas. Seiten 53-61 in Tagung 5.-9. September HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Ingenieurbiologie: Begrünung mit standortgerechtem Saat- und Pflanzgut, Irdning.

Townsend, C. R., M. Begon, und J. L. Harper. 2009. Ökologie. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Trempe, H. 2005. Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Umweltfachstellen-Zentralschweiz. 2007. Umgang mit Boden. Umweltfachstellen Zentralschweiz.

Urbanska, K. M. 1997. Safe sites – Interface of plant population ecology and restoration ecology. Seiten 81-110 in Restoration ecology and sustainable development. U. K. M., W. N. R., et al., Hrsg. Cambridge University Press, Cambridge.

van der Heijden, M. G., S. de Bruin, L. Luckerhoff, R. S. van Logtestijn, und K. Schlaeppi. 2016. A widespread plant-fungal-bacterial symbiosis promotes plant biodiversity, plant nutrition and seedling recruitment. ISME Journal 10: 389-399.

van der Heijden, M. G. A., J. N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglou, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, A. Wiemken, und I. R. Sanders. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396: 69.

Wagenitz, G. 2003. Wörterbuch der Botanik. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.

Willmanns, O. 1998. Ökologische Pflanzensoziologie: eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. 6. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden.

Impressum

Mitteilungsblatt für die Mitglieder des Vereins für Ingenieurbilogie

Heft Nr. 3/2019, 29. Jahrgang
Erscheint viermal jährlich
ISSN 1422-008

Herausgeber/Editeur:

Verein für Ingenieurbilogie
c/o OST Ostschweizer Fachhochschule
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 58 257 48 97
E-Mail: sekretariat@ingenieurbilogie.ch

Internet-Adresse/Adresse internet:

<http://www.ingenieurbilogie.ch>

Druck/Impression:

Vögel AG, Langnau i. E.

Auftraggeber:

Verein für Ingenieurbilogie, Fachgruppe
Hochlagenbegrünung

Lektorat/Lectorat:

Martin Huber
Tel.: + 41 32 671 22 87
E-Mail: martin.huber@bsb-partner.ch

Autoren:

Monique Peters, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee
und Landschaft WSL, monique.peters11@gmail.ch
Dr. Kirsten Edelkraut, Zürcher Hochschule für Angewandte
Wissenschaften ZHAW, kirsten.edelkraut@zhaw.ch
Dr. Manuel Schneider, Agroscope,
manuel.schneider@agroscope.admin.ch
Dr. Christian Rixen, Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL, rixen@slf.ch

Zitiervorschlag:

Peters, M., K. Edelkraut, M. Schneider & C. Rixen [2019]:
Linee guida Hochlagenbegrünung. Ingenieurbilogie 3:1-
64. ISSN 1422-008

Übersetzungen/Traductions:

Rolf T. Studer
E-Mail: rolf.studer@mail.com

Sekretariat/Secrétariat:

Verein für Ingenieurbilogie
c/o OST Ostschweizer Fachhochschule
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 58 257 48 97
E-Mail: sekretariat@ingenieurbilogie.ch

**Weitere Exemplare dieses Heftes können zum
Stückpreis von Fr. 20.- beim Sekretariat bezogen werden.**



Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Inserate Annonces



INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA

Verein für Ingenieurbiologie
c/o OST Ostschweizer Fachhochschule
ILF Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 58 257 48 97
E-Mail: sekretariat@ingenieurbiologie.ch

Inseratentarif für Mitteilungsblatt/Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabennummer.

Le présent tarif comprend l'insertion pour une parution

1 Seite Fr. 1125.- 2/3 Seite Fr. 825.- 1/2 Seite Fr. 600.-

1/3 Seite Fr. 450.- 1/4 Seite Fr. 375.- 1/8 Seite Fr. 225.-

Separate Werbebeilage beim Versand: 1 A4-Seite Fr. 1000.-
jede weitere A4-Seite Fr. 300.-

**Inseratenannahme: Verein für Ingenieurbiologie c/o OST Ostschweizer
Fachhochschule ILF, Institut für Landschaft und Freiraum, Oberseestrasse 10,
8640 Rapperswil, Tel. +41 58 257 48 97,
sekretariat@ingenieurbiologie.ch**

Link auf der Internetseite des Vereins/Liens sur la page de l'Association:

Fr. 750.- pro Jahr/par an

Oder gratis bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens

Fr. 750.- pro Jahr.

Ou gratuit pour des annonces dans le bulletin d'une valeur d'au moins Fr. 750.-
par an.



Europäische Föderation für Ingenieurbiologie
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica
European Federation for Soil Bioengineering
Fédération Européenne pour le Génie Biologique
Federación Europea de Ingeniería del Paisaje

Giovanni de Cesare
EPFL ENAC IIC PL-LCH
GC A3 495 (Bâtiment GC)
Station 18, CH-1015 Lausanne
Tel.: +41 21 69 32517
Mail: giovanni.decesare@epfl.ch

I prossimi numeri Prochaines éditions

Argomento

Frane e colate detritiche di versante
Monitoraggio e controllo dell'impatto

Redazione

Christian Rickli
Röbi Bänzinger

**Linee guida sind gemäss den redaktionellen Linee guida zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss dem/der
zuständigen Redaktor/in einzureichen.**

