

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 83 (1991)

Heft: 9

Artikel: Pertes d'énergie des centrales hydrauliques = Energieeinbussen bei den Wasserkraftanlagen = Perdita di energia delle centrali idrauliche

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941019>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Initiative populaire «Pour la sauvegarde de nos eaux»

Pertes d'énergie des centrales hydrauliques

selon les recommandations pour les débits minimaux de Bundi/Eichenberger, et Hainard et al.
Etude réalisée par le bureau Electrowatt Ingénieurs-Conseils S.A.

1. Données du problème

L'initiative populaire «Pour la sauvegarde de nos eaux» a été déposée le 9 octobre 1984. Le 29 avril 1987, le Conseil fédéral a soumis aux Chambres fédérales le message concernant l'initiative en question et la révision de la loi sur la protection des eaux. Dans son message, le Conseil fédéral a proposé de soumettre l'initiative à la votation du peuple et des cantons. Il a en même temps recommandé de la rejeter. Le 24 janvier 1991, le Parlement a approuvé, après de longues délibérations, la révision de la loi sur la protection des eaux. Le référendum lancé par l'association des propriétaires de petites centrales contre cette loi a abouti en mai 1991. Le souverain suisse aura donc à se prononcer, vraisemblablement en février 1992, aussi bien sur l'initiative que sur la révision de la loi sur la protection des eaux.

Le texte de l'initiative (sous la forme d'un nouvel article constitutionnel) ne contient aucune donnée quantitative sur les débits minimaux; l'initiative exige un *débit d'eau suffisant, assuré en permanence tout le long du cours d'eau*. La signification du terme *suffisant* est expliquée uniquement à l'aide de critères écologiques tels que conservation des biocénoses locales, des paysages dignes de protection, etc. Les exigences écologiques concernant les débits minimaux ont été quantifiées dans deux études¹ publiées par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, études dont les auteurs sont respectivement Bundi/Eichenberger, et Hainard et al.

Le bureau Electrowatt Ingénieurs-Conseils S.A. a été chargé en avril 1991 par l'Association suisse pour l'aménagement des eaux de réaliser une étude sur l'ampleur des pertes d'énergie que les centrales hydrauliques suisses auraient lieu d'attendre sur la base des exigences des auteurs de l'initiative «Pour la sauvegarde de nos eaux». Les études citées, qui concordent avec les vues des auteurs de l'initiative – à savoir la garantie de débits minimaux fixés selon des critères écologiques – ont servi de base. L'évaluation de ces études ne faisait par contre pas partie du mandat.

2. Bases et méthodes de l'extrapolation

Les débits minimaux exigés par Bundi/Eichenberger et Hainard et al. ont été calculés pour 93 centrales (dont 48 centrales à accumulation et 45 centrales au fil de l'eau). Lorsqu'une marge était possible, les valeurs indicatives ont été choisies de manière à ce qu'il résulte les plus faibles pertes d'énergie. Ces centrales de référence représentent

¹ Prélèvements dans les cours d'eau: exigences en matière de débits résiduels pour l'écologie des eaux (U. Bundi, E. Eichenberger), Les cahiers de l'environnement n° 110, 1989. Incidence de la réduction du débit des cours d'eau sur la flore et la végétation (P. Hainard et al.), Les cahiers de l'environnement n° 72, 1987. Les deux publiés par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.

¹ Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung (U. Bundi, E. Eichenberger), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 110, 1989; Auswirkungen verminderter Abflussmengen auf die Pflanzenwelt (P. Hainard et al.), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 72, 1987.

50% de la production annuelle moyenne de toutes les centrales hydrauliques de Suisse. La part des centrales à accumulation atteint même 69% de l'ensemble de la production annuelle moyenne. En vue d'une extrapolation à l'ensemble du parc des centrales suisses, les centrales de référence peuvent donc être considérées comme représentatives.

Une évaluation statistique a pu être faite grâce au grand nombre de centrales de référence. Des corrélations entre les pertes de production et la productibilité ont pu être trouvées sous la forme de fonctions potentielles. Des corrélations différentes ont été utilisées lors de l'extrapolation pour les centrales au fil de l'eau et celles à accumulation ainsi que pour deux classes de production chacune. De plus, l'extrapolation des pertes d'énergie annuelles et celle des pertes d'énergie hivernale ont été évaluées à l'aide de corrélations distinctes. Pour les centrales au fil de l'eau, des corrélations différentes ont en outre été déterminées pour les valeurs de référence de Bundi/Eichenberger et celles de Hainard et al.

Aucune extrapolation n'a été faite pour les centrales n'ayant pas de problèmes liés aux débits minimaux (des centrales au fil de l'eau sans canal de dérivation par exemple). Pour les centrales de référence, on tenu compte des pertes d'énergie réelles, directement déterminées. Seules les pertes d'énergie supplémentaires par rapport aux débits minimaux aujourd'hui déjà en vigueur ont été prises en considération.

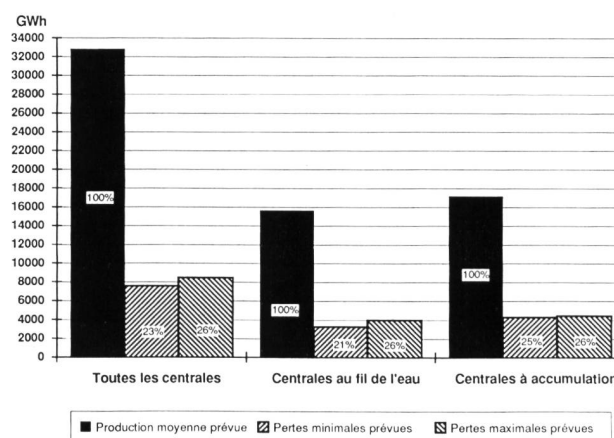


Figure 1. Pertes de production annuelles prévisibles sur la base des recommandations pour les débits minimaux de Bundi/Eichenberger, et Hainard et al.

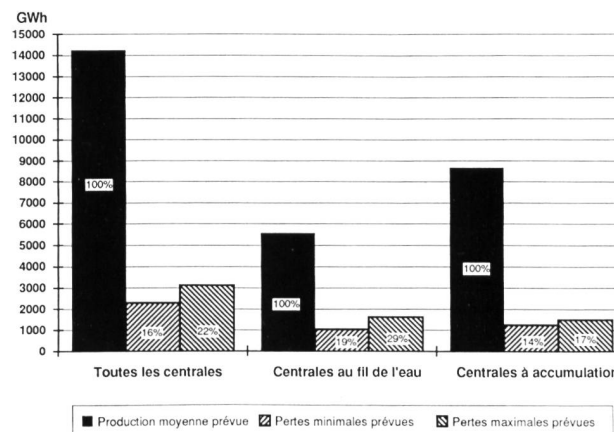


Figure 2. Pertes de production prévisibles durant le semestre d'hiver sur la base des recommandations pour les débits minimaux de Bundi/Eichenberger, et Hainard et al.

Un calcul a été fait pour toutes les centrales d'après les valeurs indicatives de *Bundi/Eichenberger* ou celles de *Hainard* et al. selon leurs champs d'application respectifs. Une série de cas problématiques est alors apparue, pour laquelle les deux méthodes ont été appliquées. L'extrapolation à l'échelle suisse a donné des résultats dès lors différents suivant les valeurs indicatives utilisées pour calculer les pertes d'énergie en cas de doute. Ceci reflète également le domaine de variations des pertes d'énergie tel qu'il y aurait lieu de l'attendre en pratique au cas où les exigences concernant les débits minimaux seraient établies selon les vues des auteurs de l'initiative. Un intervalle de confiance statistique a en outre été pris en considération, de manière à couvrir les éventuelles insécurités de l'extrapolation par une marge de variation des résultats finaux.

3. Pertes d'énergie prévues

Les valeurs indicatives et recommandations de *Bundi/Eichenberger* et *Hainard* et al., qui concordent largement avec les exigences de l'initiative concernant les débits minimaux, entraîneraient pour les centrales hydrauliques des pertes de production annuelles allant de 7600 GWh au minimum à 8450 GWh au maximum. Les valeurs inférieure et supérieure correspondent respectivement à environ 23 et 26% de la productibilité actuelle de l'ensemble des centrales hydrauliques. Les pertes d'énergie en hiver atteindraient au minimum 2300 GWh et au maximum 3100 GWh. Il faudrait donc craindre une diminution de quelque 16 à 22% de l'actuelle production hivernale d'électricité. En raison des hypothèses adoptées, il s'agit là de valeurs limites inférieures. Les pertes d'énergie prévues à l'échelle suisse pour les centrales au fil de l'eau et pour les centrales à accumulation sont représentées graphiquement sur les figures 1 (pertes annuelles) et 2 (pertes durant le semestre d'hiver).

Selon l'initiative, les débits minimaux des centrales hydrauliques existantes devraient être augmentés immédiatement et non pas seulement lors du renouvellement de la concession (al. 6). L'atteinte aux droits acquis des propriétaires de centrales devrait donc être dédommée. Pour le versement des dédommagements concernant les atteintes à la propriété, la Confédération devrait constituer un fonds qui serait alimenté par les propriétaires des centrales hydrauliques (al. 7 du texte de l'initiative)! Aux coûts d'achat d'électricité actuels, il faudrait au total 16 à 17 milliards de francs pour couvrir les exigences concernant les dédommagements des centrales existantes. Ce montant ne comprend que partiellement les considérables manques à gagner des cantons dus, comme conséquence des pertes de production, à la réduction des impôts spéciaux sur les forces hydrauliques, à celle des redevances hydrauliques ainsi que des prestations en nature telles que des livraisons d'énergie des sociétés électriques.

On verrait seulement après la discussion politique liée à la nouvelle législation dans quelle mesure les exigences des auteurs de l'initiative seraient, dans le cas d'une acceptation de cette dernière par le souverain, réellement concrétisées. Le texte de l'initiative, resp. l'article constitutionnel ayant toutefois formulé clairement le mandat législatif, la liberté d'action du Parlement risque d'être limitée. Les débits minimaux doivent donc être établis seulement en fonction de points de vue écologiques – quantifiés comme dans les études de *Bundi/Eichenberger*, et *Hainard* et al. Une prise en compte équitable des autres intérêts en présence, tels ceux de l'utilisation de la force hydraulique et de la sécurité d'approvisionnement en énergie électrique, est totalement exclue.

4. Comparaison des exigences des auteurs de l'initiative avec les conséquences de la révision de la loi sur la protection des eaux

Dans le cas d'une acceptation de la *révision de la loi sur la protection des eaux* par le souverain suisse, les débits minimaux des actuelles centrales hydrauliques tels qu'ils sont exigés par l'article 31 alinéa 1 entraîneraient – après l'assainissement de tous les cours d'eau concernés – une perte d'énergie de 1900 GWh². De plus, selon l'article 33, les autorités d'exécution, c'est-à-dire les cantons, sont tenues d'augmenter autant que possible les débits minimaux en se fondant sur une appréciation des divers intérêts pour et contre le degré de l'utilisation des eaux. Il faut de ce fait s'attendre à ce qu'à l'avenir, les centrales hydrauliques existantes produisent au minimum 2630 GWh et au maximum 5040 GWh de moins par an. Les valeurs limites inférieure et supérieure correspondent respectivement à environ 8 et 15% de la productibilité actuelle de l'ensemble des centrales hydrauliques. Les pertes d'énergie en hiver s'élèveraient pour leur part au minimum à 1380 GWh et au maximum à 2650 GWh, ce qui correspond à une diminution d'environ 10 à 19% de l'actuelle production hivernale. Ces valeurs ne seraient toutefois atteintes que vers l'an 2070, après échéance et plus précisément renouvellement de toutes les concessions.

Au cas toutefois où les exigences concernant les débits minimaux seraient concrétisées selon les vues des auteurs de l'initiative populaire «*Pour la sauvegarde de nos eaux*», les intérêts de l'utilisation de la force hydraulique ne seraient pas pris en compte dans la procédure de décision. Il faudrait alors craindre que, comme déjà mentionné, les pertes d'énergie annuelles atteignent entre 7600 et 8450 GWh. Les valeurs limites inférieure et supérieure correspondent respectivement à environ 23 et 26% de la productibilité actuelle. Ces pertes d'énergie annuelles seraient donc environ 2 à 3 fois supérieures à celles découlant de la révision de la loi sur la protection des eaux.

Les pertes d'énergie en hiver atteindraient pour leur part entre 2300 et 3100 GWh, soit environ 16 à 22% de l'actuelle production hivernale. Ces pertes seraient elles aussi près de 2 fois plus élevées que celles résultant de la révision de la loi sur la protection des eaux. Bon nombre de centrales au fil de l'eau perdraient même toute leur production hivernale.

5. Comparaison des pertes d'énergie prévues avec les possibilités d'augmentation de production par transformations et nouvelles constructions

Selon les prévisions de développement³ de l'utilisation de la force hydraulique en Suisse, il faut s'attendre à ce que les possibilités réalistes de transformation de centrales hydrauliques permettent jusqu'en 2025 d'augmenter la production entre 710 et 1030 GWh. Cette augmentation de la production tient seulement compte de la modernisation et de l'agrandissement de centrales existantes à haute et à

² Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Studie über die Energieeinsparungen bei den Wasserkraftanlagen aufgrund Kapitel 2 «Sicherung angemessener Restwassermengen» des Revisionsentwurfes des Gewässerschutzgesetzes (Botschaft vom 29. April 1987). Studie zuhanden des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Oktober 1987.

³ Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Ausbau der Wasserkraft. Studie zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Juni 1987. (EDMZ: Schriftenreihe Nr. 1 und Arbeitsdokument Nr. 2 des EGES-Berichtes).

basse pression, dont les concessions échoiront d'ici à l'an 2025.

Les augmentations de production, qui pourraient résulter de ces transformations, sont environ 7 à 12 fois moins élevées que les pertes d'énergie que subiraient les centrales hydrauliques existantes à la suite du sévère durcissement de la réglementation des débits minimaux conformément aux vues des auteurs de l'initiative. Il convient aussi de tenir compte du fait que des projets de transformation seraient rendus presque impossibles en raison de l'initiative, plus précisément du nouvel article constitutionnel. Au cours du temps, des secteurs de cours d'eau proches de l'état naturel sont apparus – grâce souvent à la présence de la centrale – aux alentours de nombreuses installations hydrauliques ayant aujourd'hui besoin d'être rénovées. Conformément au texte de l'initiative (al. 2), une intervention dans des secteurs proches de l'état naturel ne sera possible que si elle est localement limitée.

Selon les prévisions de développement mentionnées et les hypothèses adoptées par les scénarios énergétiques, la force hydraulique pourrait d'ici à l'an 2025 apporter à l'approvisionnement suisse en électricité une contribution annuelle supplémentaire de 3300 à 5100 GWh grâce à la réalisation des *projets réalistes de transformation et de construction* de nouvelles centrales. Ceci représenterait environ 11 à 16% des possibilités de production actuelles des centrales hydrauliques. Une extension modérée permettrait d'augmenter de 2800 à 4300 GWh, soit d'environ 20 à 30% la production hivernale. Grâce à ces augmentations de production relativement importantes, le potentiel d'extension technico-économique de la force hydraulique en Suisse serait atteint à environ 90%. Ces possibilités d'extension modérées seraient toutefois à l'avenir rendues entièrement impossibles puisque, selon le texte de l'initiative, les eaux et leurs secteurs naturels qui sont encore en grande partie dans leur état originel feront l'objet d'une protection intégrale (al. 1). L'empêchement d'une future extension de l'utilisation de la force hydraulique est également cité expressément par les auteurs de l'initiative comme étant l'un de leurs objectifs.

Selon les exigences des auteurs de l'initiative concernant les débits minimaux et les pertes d'énergie qui en résulteraient, il faut s'attendre à ce que les possibilités de production des centrales hydrauliques tombent d'environ 33000 GWh actuellement (les installations en cours de construction incluses) à quelque 24000 GWh à l'avenir. Les possibilités de production d'électricité d'origine hydraulique en Suisse retomberaient ainsi à l'état de 1965.

L'extension optimale des grands aménagements à accumulation mis en exploitation après 1950 sera elle aussi à l'avenir intéressante, et ceci de non seulement afin de déplacer l'énergie excédentaire de l'été au semestre d'hiver critique en ce qui concerne l'approvisionnement, mais aussi afin de mettre à disposition des réserves de puissance pour le réseau d'interconnexion européen à titre de compensation pour les importations d'électricité qui, deviendront inévitables. Ces projets seraient eux aussi rendus en grande partie impossibles. L'optimisation de l'utilisation de la force hydraulique en Suisse et une orientation vers la Communauté européenne seraient ainsi entravées.

6. Influence de l'initiative sur le programme d'action «Energie 2000»

Dans le cadre du programme d'action «Energie 2000» approuvé en février 1991 par le Conseil fédéral, la production moyenne des centrales hydrauliques devra être augmentée – entre 1990 et 2000 – de 5%. Il en résulte qu'en augmentant

de 1640 GWh, la production devrait passer à environ 34500 GWh en l'an 2000. Compte tenu de l'accroissement en 1990 et des centrales en cours de construction, des possibilités de production supplémentaires d'environ 780 GWh devront donc encore être rendues exploitables d'ici à l'an 2000. Au cas où les exigences des auteurs de l'initiative relatives aux débits minimaux devaient se concrétiser à la suite de l'acceptation de l'initiative par le souverain suisse, l'extension de l'utilisation de la force hydraulique visée par le programme d'action ne pourrait être atteinte. Il faut aussi admettre que les objectifs mêmes du programme d'action (tels que la stabilisation des émissions de CO₂) ne pourraient eux non plus pas être réalisés, et ceci, en raison des pertes de production considérables des centrales hydrauliques existantes.

7. Pertes d'énergie comparées à quelques chiffres caractéristiques de l'économie électrique

Afin de mieux expliquer l'ampleur et l'importance des pertes d'énergie résultant des recommandations de *Bundi/Eichenberger* et *Hainard* et al. pour les débits minimaux – recommandations qui devraient concorder largement avec les vues des auteurs de l'initiative populaire «Pour la sauvegarde de nos eaux» – elles sont comparées ci-après avec quelques chiffres caractéristiques de l'économie électrique.

Les *pertes d'énergie annuelles* qu'il y a lieu d'attendre après l'application des nouveaux débits minimaux à tous les cours d'eau concernés correspondent à:

- 23 à 26% ou environ un quart de la productibilité de l'ensemble des centrales hydrauliques (y compris celles en cours de construction);
- 29 à 32% ou près d'un tiers de la production de l'ensemble des centrales hydrauliques (y compris celles en cours de construction) durant une année sèche (production: environ 80% d'une année moyenne);
- 14 à 16% de la production moyenne de l'ensemble des centrales hydrauliques et thermiques;
- au moins la production annuelle moyenne de toutes les centrales hydrauliques dans les bassins de l'Aar et de la Reuss jusqu'à l'embouchure de la Reuss;
- la production annuelle moyenne de toutes les installations hydrauliques du canton du Valais ou des Grisons; ces cantons étant, avec 8734 respectivement 7136 GWh, les deux principaux producteurs de force hydraulique de Suisse;
- la production annuelle moyenne de la centrale nucléaire de Leibstadt (principale centrale nucléaire de Suisse, avec 7572 GWh).

Les *pertes d'énergie en hiver* correspondent à

- 16 à 22% de la production hivernale moyenne de toutes les centrales hydrauliques (y compris celles en cours de construction);
- 23 à 32% de la production hivernale de toutes les installations hydrauliques (y compris celles en cours de construction) durant un hiver sec (production: environ 70% d'une année moyenne);
- environ la production hivernale de l'ensemble des trois groupes de centrales suivants: Grande Dixence (VS), Maggia (TI) et Oberhasli (BE) durant une année sèche (prévision minimale), resp. une année humide (prévision maximale). Ces aménagements sont les trois plus grands de Suisse;
- 9 à 12% de la production moyenne de l'ensemble des centrales hydrauliques et thermiques.

Energieeinbussen bei den Wasserkraftanlagen

aufgrund der Restwasserempfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* im Zusammenhang mit der Volksinitiative «zur Rettung unserer Gewässer»

Kurzfassung einer Studie der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich

1. Problemstellung

Am 9. Oktober 1984 wurde die Volksinitiative «zur Rettung unserer Gewässer» eingereicht. Der Bundesrat überreichte den eidgenössischen Räten am 29. April 1987 die Botschaft zu diesem Volksbegehren und zur Revision des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer. Der Bundesrat beantragte mit der Botschaft, die Volksinitiative Volk und Ständen zur Abstimmung zu unterbreiten. Gleichzeitig empfahl er, die Initiative zu verwerfen. Nach langen Beratungen konnte am 24. Januar 1991 das revidierte Gewässerschutzgesetz vom Parlament verabschiedet werden. Im Mai 1991 ist das vom Interessenverband Schweiz. Kleinkraftwerk-Besitzer lancierte Referendum gegen dieses Gesetz zustande gekommen. Der Schweizer Souverän wird deshalb wahrscheinlich im Februar 1992 sowohl über die Initiative als auch über das revidierte Gewässerschutzgesetz zu befinden haben.

Im Initiativtext (in Form eines neuen Verfassungsartikels) werden keine quantitativen Angaben über die Restwassermengen gemacht; verlangt wird eine ausreichende Wasserführung auf der ganzen Länge der Fließstrecke. Was ausreichend bedeutet, wird allein mit ökologischen Kriterien wie Fortbestehen von standortgemässen Lebensgemeinschaften, Schonung von schutzwürdigen Landschaften usw. umschrieben. Die ökologischen Anforderungen an die Restwasserführung wurden in zwei vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) veröffentlichten Untersuchungen¹ von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* quantifiziert.

Die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG erhielt im April 1991 vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband den Auftrag, eine Studie über das Ausmass der Energieeinbussen zu erstellen, welche aufgrund der Richtwerte und Empfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* bei den bestehenden schweizerischen Wasserkraftanlagen zu erwarten wären. Als Grundlage dienten die genannten Untersuchungen¹, welche sich mit den Vorstellungen der Initianten, nämlich der Gewährleistung einer alleine nach ökologischen Kriterien festgelegten Restwasserführung, decken. Nicht Gegenstand der Studie war hingegen eine Überprüfung der genannten Untersuchungen.

2. Grundlagen und Methoden der Hochrechnung

Bei insgesamt 93 Kraftwerkszentralen (48 Speicherkraftwerke, 45 Laufkraftwerke) wurden die gemäss *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* geforderten Restwassermengen berechnet. Die Richtwerte wurden bei Vorhandensein eines Spielraumes so gewählt, dass sich die geringsten Energieeinbussen ergaben. Die erfassten Referenzwerke

¹ Wasserentnahme aus Fließgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung (*U. Bundi, E. Eichenberger*), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 110, 1989; Auswirkungen verminderter Abflussmengen auf die Pflanzenwelt (*P. Hainard et al.*), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 72, 1987.

weisen 50% der mittleren Jahresproduktion sämtlicher Wasserkraftanlagen der Schweiz auf. Der erfasste Anteil bei den Speicherkraftwerken beträgt gar 69% der mittleren gesamten Jahresproduktion. Im Hinblick auf eine Hochrechnung auf den gesamten schweizerischen Kraftwerkspark können die Referenzwerke also als repräsentativ bezeichnet werden.

Dank der grossen Anzahl von Referenzwerken war eine statistische Auswertung möglich. Dabei konnten Korrelationen zwischen Produktionseinbussen und mittlerer Produktionserwartung in Form von Potenzfunktionen gefunden werden. Für die Lauf- und Speicherkraftwerke sowie für je zwei Produktionsklassen wurden bei der Hochrechnung unterschiedliche Korrelationsfunktionen benutzt. Zudem erfolgte die Hochrechnung der Jahres- und Wintereinbussen mit getrennten Ansätzen. Im weiteren wurden bei den Laufkraftwerken für die Richtwerte von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* verschiedene Korrelationsfunktionen bestimmt.

Bei den Kraftwerken, bei welchen keine Restwasserproblematik besteht (zum Beispiel Flusskraftwerke ohne Entnahmekanäle), wurde keine Hochrechnung vorgenommen. Bei den Referenzwerken selbst wurden die direkt bestimmten, tatsächlichen Energieverluste eingesetzt. Berücksichtigt wurden aber nur die zusätzlichen Energieeinbussen gegenüber den heute schon abgegebenen Restwassermengen.

Bei allen Kraftwerkszentralen wurde je nach Geltungsbereich entweder eine Berechnung nach den Richtwerten von

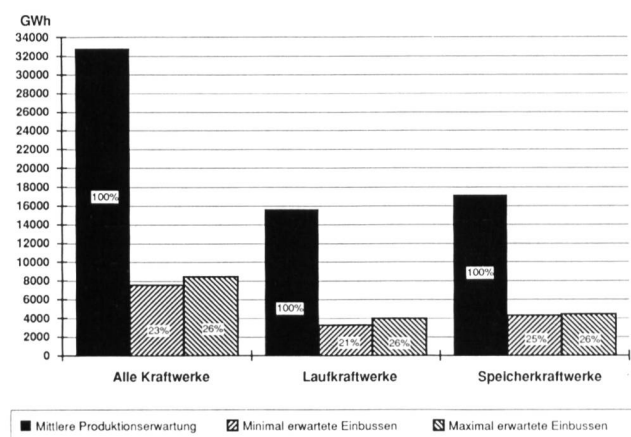


Bild 1. Zu erwartende jährliche Produktionseinbussen aufgrund der Restwasserempfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.*

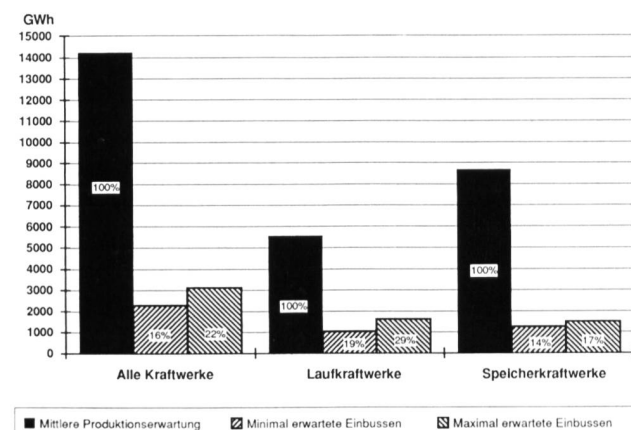


Bild 2. Zu erwartende Produktionseinbussen im Winterhalbjahr aufgrund der Restwasserempfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.*

Bundi/Eichenberger oder *Hainard* et al. vorgenommen. Dabei traten eine Reihe von Zweifelsfällen auf, für welche jeweils beide Methoden angewandt wurden. Für die gesamtschweizerische Hochrechnung ergaben sich so unterschiedliche Resultate, je nachdem nach welchen Richtwerten die Energieeinbussen im Zweifelsfall gerechnet wurden. Dies widerspiegelt auch den Schwankungsbereich der Energieeinbussen, wie er wohl in der Praxis bei Festlegung der Restwasserforderungen gemäss den Vorstellungen der Initianten zu erwarten wäre. Zusätzlich wurde ein statistisches Vertrauensintervall berücksichtigt, so dass die allfälligen Unsicherheiten der Hochrechnung durch den Schwankungsbereich der Schlussresultate abgedeckt sind.

3. Zu erwartende Energieeinbussen

Die Richtwerte und Empfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard* et al., welche weitgehend die Restwasserforderungen der Initiative abdecken dürften, würden bei den bestehenden Wasserkraftanlagen eine jährliche Produktionseinbusse im Minimum von 7600 GWh (1000 GWh entsprechen 1 Mrd. kWh) und im Maximum von 8450 GWh bewirken. Der untere Wert entspricht rund 23%, der obere Grenzwert 26% der heutigen mittleren jährlichen Produktionserwartung sämtlicher Wasserkraftanlagen. Die Energieeinbussen im Winterhalbjahr würden im Minimum 2300 GWh und im Maximum 3100 GWh betragen. Es müsste also eine Verminderung der heutigen Winterproduktion um rund 16% bis 22% befürchtet werden. Aufgrund der getroffenen Annahmen sind diese Grenzwerte eher zu tief geschätzt worden. Die gesamtschweizerisch erwarteten Energieeinbussen sind nach Lauf- und Speicherkraftwerken aufgeteilt in den Bildern 1 (jährliche Einbussen) und 2 (Einbussen im Winterhalbjahr) graphisch dargestellt.

Gemäss der Initiative müssten die Restwassermengen in den bestehenden Wasserkraftwerken sofort und nicht erst bei Konzessionserneuerungen erhöht werden (Abs. 6). Die Schmälerung der wohl erworbenen Rechte der Kraftwerksbesitzer wäre deshalb zu entschädigen. Der Bund müsste für diese Abgeltung entschädigungspflichtiger Eigentumsbeschränkungen einen Fonds errichten, den die Besitzer der Wasserkraftwerke zu speisen hätten (Abs. 7 des Initiativtextes)! Zur Abdeckung der Entschädigungsforderungen bei den bestehenden Kraftwerken wären bei heutigen Strombeschaffungskosten insgesamt 16 bis 17 Mrd. Franken nötig. Nicht vollumfänglich berücksichtigt in diesem Betrag sind die beträchtlichen Einnahmehausfälle der Kantone infolge der durch die Produktionsverluste reduzierten Wasserwerksteuern, Wasserzinsen, Aufgeldern sowie Naturalleistungen wie etwa Energielieferungen der Kraftwerksgesellschaften.

Inwieweit bei Annahme der Volksinitiative durch den Schweizer Souverän die Forderungen der Initianten tatsächlich zum Tragen kommen, wird sich erst nach der politischen Ausmarchung im Rahmen der neuen Gesetzgebung zeigen. Der Spielraum des Parlamentes dürfte jedoch gering sein, ist doch der Gesetzauftrag mit dem Initiativtext bzw. dem neuen Verfassungsartikel klar formuliert worden. Demzufolge sind die Restwassermengen allein aufgrund ökologischer Gesichtspunkte – wie in den Untersuchungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard* et al. quantifiziert – festzulegen. Eine Abwägung mit allen übrigen In-

teressen, insbesondere denjenigen der Wasserkraftnutzung und einer sicheren Stromversorgung, entfällt völlig.

4. Vergleich der Forderungen der Initianten mit den Auswirkungen des revidierten Gewässerschutzgesetzes

Bei Annahme des *revidierten Gewässerschutzgesetzes* durch den Schweizer Souverän wird die nach Artikel 31 Absatz 1 geforderte Mindestrestwassermenge bei den heutigen Wasserkraftanlagen nach Sanierung aller Restwasserstrecken eine Energieeinbusse von 1900 GWh zur Folge haben². Nach Artikel 33 sind zudem die Vollzugsbehörden, also die Kantone, verpflichtet, die Mindestmenge aufgrund einer Abwägung der Interessen für und gegen das Ausmass der Nutzung soweit als möglich zu erhöhen. Dadurch ist zu erwarten, dass in Zukunft die bestehenden Wasserkraftanlagen im Minimum 2630 GWh und im Maximum 5040 GWh weniger pro Jahr produzieren können. Der untere Grenzwert entspricht rund 8%, der obere Grenzwert 15% der heutigen mittleren jährlichen Produktionserwartung sämtlicher Wasserkraftanlagen. Die Energieeinbussen im Winterhalbjahr würden ihrerseits im Minimum 1380 GWh und im Maximum 2650 GWh betragen, was einer Verminderung der heutigen Winterproduktion um rund 10% bis 19% entspricht. Diese Werte würden allerdings erst nach Ablauf bzw. Erneuerung sämtlicher Konzessionen etwa im Jahre 2070 erreicht.

Falls aber Restwasserregelungen gemäss den Vorstellungen der Initianten des *Volksbegehrens* «zur Rettung unserer Gewässer» zum Tragen kommen, wird die Wasserkraftnutzung nicht in den Entscheidungsprozess miteinbezogen. Dann muss befürchtet werden, dass, wie bereits erwähnt, die jährlichen Energieeinbussen 7600 bis 8450 GWh erreichen. Der untere Grenzwert entspricht rund 23%, der obere Grenzwert 26% der heutigen mittleren jährlichen Produktionserwartung. Diese jährlichen Energieeinbussen sind rund zwei- bis dreimal höher als diejenigen aufgrund des revidierten Gewässerschutzgesetzes.

Die Energieeinbussen im Winterhalbjahr würden ihrerseits 2300 bis 3100 GWh betragen; das heisst rund 16% bis 22% der heutigen Winterproduktion. Auch diese Einbussen sind bis zu zweimal höher als diejenigen aufgrund des revidierten Gewässerschutzgesetzes. Bei etlichen Laufkraftwerken würde gar die gesamte Winterproduktion verlorengehen.

5. Vergleich der erwarteten Energieeinbussen mit den Produktionserhöhungsmöglichkeiten aus Um- und Neubauten

Gemäss den Ausbauprognosen³ für die Wasserkraft in der Schweiz ist zu erwarten, dass von den realistischen *Umbaumöglichkeiten der Wasserkraftanlagen* ein Produktionszuwachs zwischen 710 GWh und 1030 GWh bis ins Jahr 2025 erreicht werden kann. Berücksichtigt in diesen Werten sind im wesentlichen nur die Erneuerungen und Erweiterungen von bestehenden Nieder- und Hochdruckanlagen, deren Konzessionen bis ins Jahr 2025 ablaufen. Die Produktionserhöhungen, die sich aus diesen Umbauten ergeben könnten, sind etwa sieben- bis zwölfmal geringer als die Einbussen, welche die bestehenden Wasserkraftan-

² Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Studie über die Energieeinbussen bei den Wasserkraftanlagen aufgrund Kapitel 2 «Sicherung angemessener Restwassermengen» des Revisionsentwurfes des Gewässerschutzgesetzes (Botschaft vom 29. April 1987). Studie zuhanden des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Oktober 1987.

³ Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Ausbau der Wasserkraft. Studie zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Juni 1987. (EDMZ: Schriftenreihe Nr. 1 und Arbeitsdokument Nr. 2 des EGES-Berichtes).

lagen aufgrund massiv verschärfter Restwasserregelungen gemäss den Vorstellungen der Initianten zu erleiden hätten. Zu beachten ist auch, dass Umbauvorhaben durch die Initiative bzw. den neuen Verfassungsartikel stark behindert würden. In der Umgebung von vielen erneuerungsbedürftigen Wasserkraftanlagen sind nämlich im Lauf der Zeit naturnahe Gewässerabschnitte – oftmals dank dem Vorhandensein des Kraftwerkes – entstanden. In naturnahen Gewässerabschnitten sind aber gemäss dem Initiativtext (Abs. 2) Eingriffe zu Nutzungszwecken nur örtlich beschränkt möglich.

Aufgrund der erwähnten Ausbauprognosen und der in den Energieszenarien getroffenen Annahmen könnte – durch Verwirklichung der realistischen Um- und Neubauvorhaben – die Wasserkraft bis zum Jahre 2025 einen zusätzlichen jährlichen Beitrag von 3300 bis 5100 GWh an die schweizerische Elektrizitätsversorgung leisten. Dies entspräche rund 11 bis 16% der heutigen Produktionsmöglichkeiten der Wasserkraftanlagen. Die Winterproduktion liesse sich mit einem massvollen Ausbau um 2800 bis 4300 GWh, das heisst um rund 20 bis 30%, steigern. Mit diesen recht beträchtlichen Produktionssteigerungen wäre damit das technisch-wirtschaftliche Ausbaupotential der Wasserkraft in der Schweiz etwa zu 90% erreicht. Diese massvollen Ausbaumöglichkeiten würden aber in Zukunft wohl vollständig verunmöglicht, da natürliche bzw. weitgehend ursprüngliche Gewässer und Gewässerabschnitte gemäss dem Initiativtext umfassend zu schützen sind (Abs. 1). Die Verhinderung eines Weiterausbaues der Wasserkraft wird ja von den Initianten auch ausdrücklich als Ziel genannt. Aufgrund der Restwasserforderungen der Initianten und der daraus resultierenden Energieeinbussen muss somit gerechnet werden, dass die Produktionsmöglichkeiten der Wasserkraftanlagen von heute rund 33000 GWh (inkl. im Bau befindliche Anlagen) auf etwa 24000 GWh verringert werden. Damit würden die Produktionsmöglichkeiten der Wasserkraft in der Schweiz auf den Stand von 1965 zurückgestuft. In Zukunft ist schliesslich auch der optimale Ausbau der grösseren, nach 1950 in Betrieb gesetzten Speicherkraftwerke von Interesse, um frei verfügbare Sommerenergie in das für die Versorgung kritische Winterhalbjahr umzulagern sowie Leistungsreserven für das europäische Verbundnetz, als Entschädigung für die in Zukunft zwangsläufig notwendigen Stromimporte, bereitzustellen. Auch diese Vorhaben würden grösstenteils verunmöglicht. Die weitere Optimierung der Wasserkraft in der Schweiz und eine Ausrichtung auf die europäische Gemeinschaft würde also verhindert.

6. Einfluss der Initiative auf das Aktionsprogramm «Energie 2000»

Im Rahmen des im Februar 1991 vom Bundesrat gutgeheissenen Aktionsprogrammes «Energie 2000» soll – zwischen 1990 und 2000 – die mittlere Erzeugung der Wasserkraftanlagen um 5% erhöht werden. Daraus ergibt sich eine angestrebte Produktionssteigerung um 1640 GWh auf rund 34500 GWh im Jahre 2000. Unter Berücksichtigung des Zuwachses im Jahre 1990 und der im Bau befindlichen Zentralen sind deshalb ab heute noch weitere Produktionsmöglichkeiten von rund 780 GWh bis zum Jahre 2000 zu erschliessen.

Falls die Restwasserforderungen der Initianten bei Annahme des Volksbegehrens durch den Schweizer Souverän zum Tragen kommen, kann der im Aktionsprogramm gewünschte Ausbau der Wasserkraft nicht erreicht werden. Es muss sogar davon ausgegangen werden, dass die Ziele des

Aktionsprogrammes selbst (u.a. Stabilisierung der CO₂-Emissionen) – wegen der erheblichen Produktionseinbussen bei den bestehenden Wasserkraftanlagen – nicht mehr realisiert werden könnten.

7. Energieeinbussen im Vergleich zu Elektrizitätswirtschaftlichen Kennzahlen

Um das Ausmass und die Bedeutung der Energieeinbussen aufgrund der Restwasserempfehlungen von *Bundi/Eichenberger* und *Hainard et al.* – welche sich mit den Vorstellungen der Initianten des Volksbegehrens «zur Rettung unserer Gewässer» weitgehend decken dürften – zu verdeutlichen, werden sie im nachfolgenden mit einigen Kennzahlen der Elektrizitätswirtschaft verglichen.

Die zu erwartenden *jährlichen Energieeinbussen* nach Sanierung aller Restwasserstrecken entsprechen:

- 23 bis 26% oder rund einem Viertel der mittleren Produktionserwartung sämtlicher (inkl. der im Bau befindlichen) Wasserkraftanlagen;
- 29 bis 32% oder fast einem Drittel der Produktionserwartung sämtlicher (inkl. der im Bau befindlichen) Wasserkraftanlagen in einem wasserarmen Jahr (Produktion etwa 80% des Durchschnittsjahres);
- 14 bis 16% der mittleren Produktionserwartung sämtlicher hydraulischer und thermischer Kraftwerke;
- mindestens der mittleren Jahresproduktion sämtlicher Wasserkraftwerke im Einzugsgebiet von Aare und Reuss bis zur Reussmündung;
- der mittleren Jahresproduktion sämtlicher Wasserkraftanlagen der Kantone Wallis oder Graubünden. Diese sind mit 8734 resp. 7136 GWh die beiden grössten Produzenten von Wasserkraft in der Schweiz;
- mindestens der mittleren Jahresproduktion des Kernkraftwerkes Leibstadt (mit 7572 GWh grösstes Kernkraftwerk der Schweiz).

Die *Energieeinbussen im Winterhalbjahr* entsprechen:

- 16 bis 22% der mittleren Winterproduktion sämtlicher (inkl. der im Bau befindlichen) Wasserkraftanlagen;
- 23 bis 32% der Winterproduktion sämtlicher (inkl. der im Bau befindlichen) Wasserkraftanlagen in einem trockenen Winter (Produktion etwa 70% eines durchschnittlichen Jahres);
- etwa der Winterproduktion in einem wasserarmen (minimale Erwartung) bzw. wasserreichen Jahr (maximale Erwartung) der drei Kraftwerksgruppen Grande Dixence (VS), Maggia (TI) und Oberhasli (BE) zusammen. Dies sind die drei grössten Wasserkraftanlagen der Schweiz;
- 9 bis 12% der mittleren Produktionserwartung sämtlicher hydraulischer und thermischer Kraftwerke.

Perdite di energia delle centrali idrauliche

sulla base delle raccomandazioni per i deflussi minimi di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.* in relazione all'iniziativa popolare «Per la salvaguardia delle nostre acque»

1. Dati del problema

L'iniziativa popolare «Per la salvaguardia delle nostre acque» è stata depositata il 9 ottobre 1984. Il 9 aprile 1987, il Consiglio federale ha sottoposto alle Camere federali il messaggio concernente la stessa iniziativa e la revisione della legge sulla protezione delle acque. Nel suo messaggio, il Consiglio federale ha proposto di sottomettere l'iniziativa alla votazione del popolo e dei cantoni. Nello stesso tempo ha raccomandato di respingerla. Il 24 gennaio 1991, il Parlamento ha approvato, dopo lunghe deliberazioni, la revisione della legge sulla protezione delle acque. Il referendum lanciato dall'associazione dei proprietari di piccoli impianti contro questa legge è riuscito nel maggio del 1991. Il sovrano svizzero dovrà dunque pronunciarsi, probabilmente nel febbraio del 1992, sia sull'iniziativa che sulla revisione della legge sulla protezione delle acque.

Il testo dell'iniziativa (sotto la forma di un nuovo articolo costituzionale) non contiene alcun dato quantitativo sui deflussi minimi; l'iniziativa esige un *sufficiente deflusso permanentemente garantito lungo tutto il corso dell'acqua*. Il significato del termine *sufficiente* è spiegato unicamente per il tramite di termini ecologici quali sono la conservazione delle biocenosi locali e dei paesaggi degni di protezione. Le esigenze ecologiche concernenti i deflussi minimi sono state quantificate in due studi¹ pubblicati dall'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, studi i cui autori sono rispettivamente *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.*

L'ufficio d'ingegneria Electrowatt SA è stato incaricato nell'aprile 1991 dall'Associazione svizzera di economia delle acque di realizzare un'analisi sull'entità delle perdite di energia che subirebbero le centrali svizzere esistenti sulla base delle indicazioni e raccomandazioni di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.* Gli studi citati, che concordano con le aspettative degli iniziattivisti, hanno servito da base. L'analisi non comprende invece una verifica degli studi di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.*

2. Basi e metodi di estrapolazione

Le portate minime prescritte da *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.* sono state calcolate per 93 centrali (di cui 48 ad accumulazione e 45 fluviali). I valori di riferimento sono stati scelti in modo che, in presenza di una incertezza, ne risulti la perdita di energia minore. Queste centrali di riferimento rappresentano 50% della produzione annuale media di tutte le centrali idrauliche della Svizzera. La parte delle centrali ad accumulazione raggiunge addirittura il 69% dell'assieme della produzione annuale media. Nell'ottica di un'estrapo-

¹ Wasserentnahme aus Fliessgewässern: Gewässerökologische Anforderungen an die Restwasserführung (*U. Bundi, E. Eichenberger*), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 110, 1989; Auswirkungen verminderter Abflussmengen auf die Pflanzenwelt (*P. Hainard et al.*), Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 72, 1987.

¹ Prélèvements dans les cours d'eau: exigences en matière de débits résiduels pour l'écologie des eaux (*U. Bundi, E. Eichenberger*), Les cahiers de l'environnement n° 110, 1989. Incidence de la réduction du débit des cours d'eau sur la flore et la végétation (*P. Hainard et al.*), Les cahiers de l'environnement n° 72, 1987. Les deux publiés par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.

lazione verso la totalità del parco delle centrali svizzere, le centrali di riferimento possono essere considerate rappresentative.

Una valutazione statistica ha potuto essere effettuata grazie al grande numero di centrali di riferimento. Correlazioni tra la perdita di produzione e aspettativa di produzione media hanno potuto essere stabilite sotto forma di funzioni esponenziali. Sono state usate diverse funzioni di correlazione per le centrali ad accumulazione e le centrali ad acqua fluente, e ambedue suddivise in due categorie di produzione. Inoltre, l'estrapolazione delle perdite di energia annuali e le perdite di energia invernali è stata effettuata con diversi fattori. Per le centrali ad acqua fluente sono state determinate funzioni di correlazione diverse per i valori di riferimento di *Bundi/Eichenberger* e quelli di *Hainard et al.*

Non è stata fatta alcuna estrapolazione per le centrali senza problemi legati ai deflussi minimi (per es. centrali fluviali senza canale di derivazione). Per le centrali di riferimento, si sono utilizzate le perdite di energia reali, direttamente calcolate. Sono state prese in considerazione solamente le perdite d'energia supplementari per rapporto ai deflussi minimi attuali.

Per tutte le centrali è stato eseguito un calcolo – tenuto conto del campo di applicazione – secondo i valori di riferimento di *Bundi/Eichenberger* o di *Hainard et al.* Una serie di casi problematici è apparsa, per cui i due metodi sono stati applicati. L'estrapolazione su scala svizzera ha dato risultati fortemente variabili in dipendenza dei valori di riferimento utilizzati per calcolare le perdite di energia in caso di

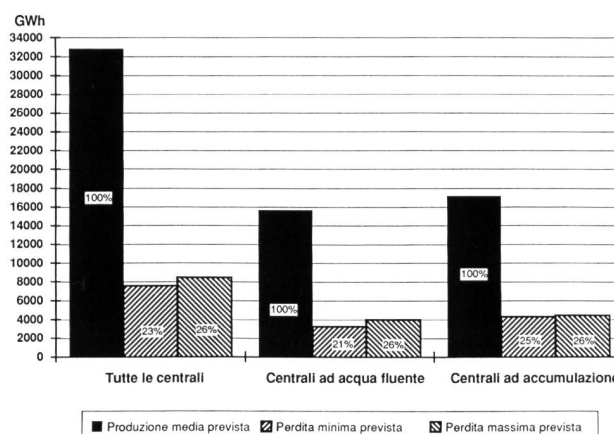


Figura 1. Perdite di energia idraulica annuale previste accordante le raccomandazioni per le deflussi minimi di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.*

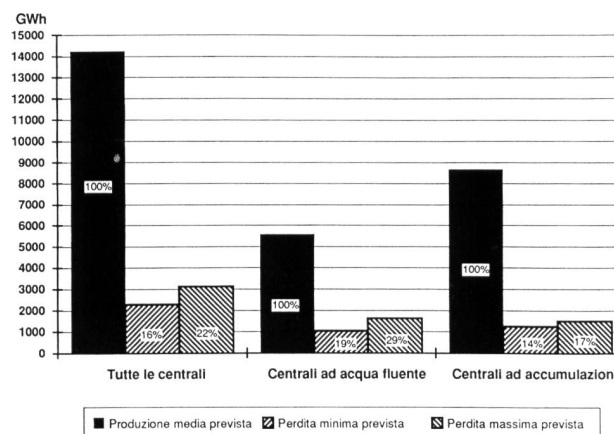


Figura 2. Perdite di energia idraulica previste nel semestre invernale accordante la raccomandazione per le deflussi minimi di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard et al.*

dubbio. Questo riflette il campo di variazione delle perdite di energia che si riscontrerebbe nella pratica nel determinare le esigenze dei deflussi minimi secondo gli intendimenti degli autori dell'iniziativa. Inoltre è stato preso in considerazione un intervallo di fiducia statistico, in modo da coprire le insicurezze eventuali dell'extrapolazione dovute al campo di variazioni dei risultati finali.

3. Perdite di energia previste

I valori di riferimento e le raccomandazioni di *Bundi/Eichenbergere* di *Hainard et al.*, che concordano largamente con le esigenze di deflussi minimi dell'iniziativa, comporterebbero per le centrali idrauliche delle perdite di produzione annuali che vanno da un minimo di 7600 GWh a un massimo di 8450 GWh. Il valore inferiore e il superiore corrispondono rispettivamente a circa 23 e 26% dell'aspettativa di produzione attuale dell'insieme delle centrali idrauliche. Le perdite di energia in inverno raggiungerebbero al minimo 2300 GWh e al massimo 3100 GWh. Bisognerebbe quindi temere una diminuzione dell'ordine del 16–22% dell'attuale produzione invernale di elettricità. A causa delle ipotesi adottate, bisogna considerare questi valori come dei limiti inferiori. Le perdite di energia previste su scala svizzera sono ripartite tra centrali ad acqua fluente e centrali ad accumulazione e sono rappresentate graficamente nelle fig. 1 (perdite annuali) e 2 (perdite durante il semestre invernale). Secondo l'iniziativa, i deflussi minimi delle centrali idrauliche esistenti dovrebbero essere aumentati immediatamente e non solo al momento del rinnovo della concessione (cap. 6). La lesione dei diritti acquisiti dei proprietari delle centrali dovrebbe quindi essere risarcita. Per coprire le richieste di risarcimento, la Confederazione dovrebbe istituire un fondo alimentato dai proprietari delle centrali idrauliche (cap. 7 del testo dell'iniziativa)! Ai costi d'acquisto attuali dell'elettricità, ci vorrebbero in totale 16 a 17 miliardi di franchi. In questa somma non sono comprese interamente le considerevoli diminuzioni delle entrate dei Cantoni dovute alla riduzione delle imposte e dei tributi in seguito alle perdite di produzione, e di prestazioni in natura quali le forniture di elettricità delle aziende.

Si vedrà solamente dopo la discussione politica nel quadro della nuova legislazione, in che misura le esigenze degli autori dell'iniziativa sarebbero realmente concretizzate. Essendo il mandato legislativo formulato chiaramente dal testo dell'iniziativa, risp. dall'articolo costituzionale, la libertà d'azione del Parlamento arrischia di essere limitata. I deflussi minimi devono essere stabiliti unicamente in funzione di criteri ecologici – quantificati secondo gli studi di *Bundi/Eichenberger e Hainard et al.* Una ponderazione di tutti gli interessi, in particolare quelli dell'utilizzazione della forza idraulica e di un approvvigionamento sicuro di elettricità, è completamente esclusa.

4. Confronto fra le esigenze degli autori dell'iniziativa con le conseguenze della revisione della legge sulla protezione delle acque

Nel caso di un'accettazione della *revisione della legge sulla protezione delle acque* da parte del sovrano svizzero, i deflussi minimi delle centrali idrauliche attuali stipulati dall'articolo 31 capoverso 1 comporterebbero – dopo la loro applicazione a tutti i corsi d'acqua interessati – una perdita di energia di 1900 GWh². Inoltre, secondo l'articolo 33, le autorità esecutive, quindi i cantoni, sono tenuti ad aumentare nel limite del possibile i deflussi minimi basandosi su una ponderazione degli interessi pro e contro l'estensione dello

sfruttamento delle acque. Bisogna quindi attendersi che in avvenire le centrali idrauliche esistenti producano da un minimo di 2630 GWh a un massimo di 5040 GWh in meno all'anno. I valori limite inferiore e superiore corrispondono a circa 8 risp. 15% dell'aspettativa di produzione media annua di tutte le centrali idrauliche. Le perdite di energia durante il semestre invernale si eleverebbero a un minimo di 1380 GWh e a un massimo di 2650 GWh, ciò che corrisponde a una diminuzione di circa 10 risp. 19% dell'attuale produzione invernale. Questi valori non sarebbero raggiunti che verso l'anno 2070, dopo la scadenza risp. il rinnovo di tutte le concessioni.

Nel caso invece che le esigenze concernenti i deflussi minimi si concretizzassero secondo i desideri degli autori dell'*iniziativa popolare «per la salvaguardia delle nostre acque»*, l'utilizzazione della forza idraulica non entrerebbe in linea di conto nella procedura decisionale. Bisogna allora temere che, come già menzionato, le perdite di energia annuali raggiungano valori tra 7600 e 8450 GWh. I valori limite inferiore e superiore corrispondono rispettivamente a circa 23 e 26% della produzione attuale. Queste perdite d'energia annuali sarebbero dunque da 2 a 3 volte superiori a quelle ottenute con la revisione della legge sulla protezione delle acque.

Le perdite d'energia nel semestre invernale raggiungerebbero da parte loro valori tra 2300 e 3100 GWh, ossia circa 16 – 22% dell'attuale produzione invernale. Queste perdite sarebbero anch'esse quasi due volte più elevate di quelle basate sulla revisione della legge sulla protezione delle acque. Un buon numero di centrali ad acqua fluente perderebbero addirittura tutta la loro produzione invernale.

5. Confronto delle perdite di energia previste con gli aumenti di produzione da trasformazioni o da nuove centrali

Secondo le previsioni di ampliamento³ concernenti le forze idriche in Svizzera bisogna attendersi che le possibilità realistiche di trasformazione di centrali idrauliche permettano, entro il 2025 di aumentare la produzione tra 710 e 1030 GWh. Questo aumento di produzione tiene conto solamente della modernizzazione e dell'ampliamento di centrali esistenti ad alta e a bassa pressione, le cui concessioni scadranno entro l'anno 2025.

Gli aumenti di produzione che potrebbero risultare da queste trasformazioni sono circa da 7 a 12 volte meno elevate delle perdite d'energia che subirebbero le centrali idrauliche esistenti in seguito al drastico cambiamento della regolamentazione dei deflussi minimi conformemente alle intenzioni degli autori dell'iniziativa. Bisogna anche tener conto del fatto che dei progetti di trasformazione sarebbero resi quasi impossibili a causa dell'iniziativa, più precisamente a causa del nuovo articolo costituzionale. Nel corso del tempo, dei tratti di acque vicine allo stato naturale sono apparsi – spesso grazie alla presenza delle centrali – nei dintorni di numerosi impianti idraulici bisognosi di essere rinnovati. Conformemente al testo dell'iniziativa (cap. 2), ogni intervento a fini di sfruttamento in tratti vicini allo stato naturale sono limitati localmente.

² Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Studie über die Energieeinnahmen bei den Wasserkraftanlagen aufgrund Kapitel 2 «Sicherung angemessener Restwassermengen» des Revisionsentwurfes des Gewässerschutzgesetzes (Botschaft vom 29. April 1987). Studie zuhanden des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, Oktober 1987.

³ Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG (EWI): Ausbau der Wasserkraft. Studie zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Juni 1987. (EDMZ: Schriftenreihe Nr. 1 und Arbeitsdokument Nr. 2 des EGES-Berichtes).

Secondo le previsioni di ampliamento menzionate e le ipotesi adottate nei scenari energetici, le forze idriche potrebbero, entro l'anno 2025, apportare all'approvvigionamento svizzero di elettricità un contributo annuale supplementare di 3300 fino a 5100 GWh, grazie all'attuazione di *progetti realistici di trasformazione e di costruzione* di nuove centrali.

Questo rappresenterebbe circa da 11 a 16% delle possibilità di produzione attuale delle centrali idrauliche. La produzione invernale potrebbe essere aumentata di 2800–4300 GWh, ossia di circa il 20–30% grazie a un ampliamento ragionevole. Grazie a questi aumenti di produzione relativamente importanti, il potenziale d'ampliamento tecnico-economico delle forze idriche in Svizzera avrebbe raggiunto circa il 90%. Queste possibilità di ampliamento ragionevole sarebbero tuttavia rese impossibili poiché, secondo il testo dell'iniziativa, le acque e i loro tratti naturali che si trovano ancora prevalentemente nel loro stato originario devono essere globalmente protetti (cap. 1). L'impedimento di una futura estensione delle forze idriche è d'altronde esplicitamente citato dagli autori dell'iniziativa come uno dei loro obiettivi.

Secondo le esigenze degli autori dell'iniziativa concernenti i deflussi minimi e le relative perdite di energia che ne risulterebbero, bisogna aspettarsi che le possibilità di produzione delle centrali idrauliche cadano dagli attuali 33000 GWh (inclusi gli impianti in corso di costruzione) a qualcosa come 24000 GWh in futuro. Le possibilità di produzione elettrica di origine idraulica in Svizzera cadrebbero così al livello del 1965.

L'ampliamento ottimale delle grandi centrali ad accumulazione messe in esercizio dopo il 1950 sarà interessante in avvenire, e questo non soltanto per spostare l'energia estiva eccedente verso il semestre invernale, critico per quanto concerne l'approvvigionamento, ma anche allo scopo di mettere a disposizione delle riserve di potenza per la rete d'interconnessione europea in cambio delle importazioni che diventeranno inevitabili in futuro. Anche questi progetti sarebbero resi in gran parte impossibili. L'ottimizzazione dell'utilizzazione delle forze idriche in Svizzera e un orientamento verso la Comunità europea sarebbero così impediti.

6. Influenza dell'iniziativa sul programma d'azione «Energia 2000»

Nel quadro del programma d'azione «Energia 2000» approvato nel febbraio del 1991 dal Consiglio federale, la produzione media delle centrali idrauliche dovrà essere aumentata, tra il 1990 e il 2000, del 5%. Ne risulta che la produzione dovrebbe passare a 34500 GWh nell'anno 2000, aumentando di 1640 GWh. Tenuto conto della crescita del 1990 e delle centrali in costruzione, bisogna rendere disponibili, entro l'anno 2000, possibilità di produzione di 780 GWh annui. Nel caso di un'accettazione dell'iniziativa da parte del sovrano, l'ampliamento delle forze idriche preconizzata dal programma d'azione non potrà essere ottenuto. Bisogna persino ammettere che gli obiettivi del programma d'azione (fra altri la stabilizzazione delle emissioni di CO₂) non potranno parimenti essere concretizzati e questo a causa delle notevoli perdite di produzione delle centrali idrauliche esistenti.

7. Perdite di energia comparate a qualche cifra dell'economia elettrica

Al fine di meglio spiegare la portata e l'importanza delle perdite di energia analizzate secondo le raccomandazioni di *Bundi/Eichenberger* e *Hainard* et al. per i deflussi minimi –

raccomandazioni che concordano con il punto di vista degli autori dell'iniziativa popolare «Per la salvaguardia delle nostre acque» – queste perdite di energia saranno comparate qui di seguito con alcune cifre dell'economia elettrica.

Le perdite di energia annuali, dopo applicazione dei nuovi deflussi minimi a tutti i corsi d'acqua, corrispondono a:

- il 23 fino al 26% ossia circa un quarto dell'aspettativa di produzione dell'insieme delle centrali idrauliche (comprese quelle in costruzione);
- il 29 fino al 32% ossia quasi un terzo della produzione prevista dell'insieme delle centrali idrauliche (comprese quelle in corso di costruzione) durante un anno secco (produzione: circa 80% di un anno normale);
- il 14 fino al 16% della produzione media prevista dell'insieme delle centrali idrauliche e termiche;
- la produzione annuale media di tutte le centrali idrauliche nel bacino dell'Aar e della Reuss fino alla foce di quest'ultima;
- la produzione annuale media di tutti gli impianti idraulici del canton Vallese o del canton Grigioni; questi ultimi essendo con 8734 risp. 7136 GWh, i due principali produttori di forza idroelettrica della Svizzera;
- la produzione annuale media della centrale nucleare di Leibstadt (la maggiore centrale nucleare della Svizzera, con 7572 GWh).

Le *perdite di energia durante il semestre invernale* corrispondono a:

- il 16 fino al 22% della produzione invernale media di tutte le centrali idrauliche (comprese quelle in costruzione);
- il 23 fino al 32% della produzione invernale di tutti gli impianti idraulici (compresi quelli in costruzione) durante un inverno secco (produzione: circa il 70% di un anno normale);
- all'incirca la produzione invernale dell'insieme dei tre gruppi di centrali seguenti: Grande Dixence (VS), Maggia (TI) e Oberhasli (BE) durante un anno secco (aspettativa minima), risp. un anno umido (aspettativa massima). Sono le tre centrali più grandi della Svizzera.
- 9 a 12% della produzione media prevista per l'insieme delle centrali idrauliche e termiche.