



UNITED NATIONS  
CONFERENCE  
ON NEW SOURCES  
OF ENERGY

CONFÉRENCE  
DES NATIONS UNIES  
SUR LES SOURCES NOUVELLES  
D'ÉNERGIE

Distr.  
LIMITED

E/CONF.35/G/50/Summary  
28 April 1961  
ENGLISH/FRENCH  
ORIGINAL: ENGLISH

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Agenda item/Point de l'ordre du jour:

II.A.2.(b) -

Harnessing of geothermal energy and geothermal electricity production -  
Utilization of geothermal energy for power generation

Exploitation de l'énergie géothermique et production d'électricité  
au moyen de l'énergie géothermique -  
Utilisation de l'énergie géothermique pour la production  
d'électricité

COMPARISON BETWEEN SURFACE AND JET CONDENSERS IN THE  
ENERGETIC AND CHEMICAL UTILIZATION OF LARDERELLO'S  
BORACIFEROUS STEAM JETS

By Cinzio F. A. ZANCANI, Dr. Ing.,  
Power Station Department, Ansaldo-Meccanico, Genoa, Italy

COMPARAISON ENTRE LES CONDENSEURS A MELANGE ET LES  
CONDENSEURS A SURFACE DANS L'UTILISATION DE LA VAPEUR  
BORACIFERE ENDOGENE DE LARDERELLO POUR LA PRODUCTION  
DE FORCE MOTRICE, ET L'EXTRACTION DE CERTAINS  
PRODUITS CHIMIQUES

Par Cinzio F. A. ZANCANI

Ingénieur, Docteur ès sciences, du bureau des études et projets de  
centrales thermiques, à la société Ansaldo-Meccanico, Gênes, Italie  
et professeur d'installations chimiques à l'Université classique de  
Gênes, Italie

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED  
NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY  
BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORK-  
ING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUB-  
LISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE  
CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF  
THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRESENTE SUR INVITATION A LA  
CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES  
NOUVELLES D'ENERGIE DES MEMOIRES QUI SERONT  
DISTRIBUES COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA  
CONFERENCE. CES MEMOIRES SONT PUBLIES TELS  
QUE LES AUTEURS LES ONT REDIGES ET LES VUES  
QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

## NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

COMPARISON BETWEEN SURFACE AND JET CONDENSERS IN THE ENERGETIC  
& CHEMICAL UTILIZATION OF LARDERELLO'S-BORACIFEROUS STEAM JETS

by Cinzio F.A. Zancani, Dr. Ing.,

Power Station Department  
Ansaldo-Meccanico, Genoa, Italy.

SUMMARY

1.     a) The writer describes the thermal schemes utilized.  
The ones provided by the condenser can be divided into two classes:
    - i) With direct admission of the endogenous steam to the turbine,
    - ii) With transformation of the endogenous steam into secondary steam free from non-condensable gases by means of evaporators.
  - b) The writer examines advantages & disadvantages of jet and surface condensers for each class, with a special reference to the conditions of Larderello's volcanic steam-jet areas, from the standpoint of both energetic & economical utilization and recovery of the chemical substances.
  - c) The convenience is found for the use of the jet condensers.
2.     a) The first endogenous steam turbines installed at Lar-

derello were of the atmospheric exhaust type, as shown on fig. I. Their consumption was 20 kg/kWh.

- b) The introduction of the condenser occurred about 1930, contemporarily to the modification of the thermal scheme of the plant which contemplated the introduction of evaporator units.

The scheme is shown on fig. II. This was due to a necessity dictated by the difficulty of manufacturing compressors capable of extracting from the condensers the enormous quantities of gases mixed with the steam (a). The specific consumption of this power plant, which is still in operation, is 12 kg/kWh of endogenous steam.

- c) Because of the great demand for energy in recent years, the recovery of the chemical substances accompanying the steam became of secondary importance with respect to the convenience of producing the maximum possible quantity of energy.

The compressor technique had meanwhile progressed and, favoured by the fact that the gas percentage at Larderello does not exceed the value of 5%, it was possible to adopt a scheme of the type shown on fig. III.

- d) The specific consumption of steam improved to 9 kg/kWh. These consumption values are net of the auxiliary equipment consumption and for the average steam conditions of the volcanic steam-jet areas of Larderello, i.e., 4.1 ata, 180°C, 96% steam in weight (b).

3. a) The plants realized at Larderello according to the schemes shown on fig. II & III, are furnished with jet condensers.

One tentative was made on the first condensing turbine by using a surface condenser with aluminum tubes. Corrosion destroyed the condenser in a few months.

- b) The strong chemical aggressivity of the condensate, containing  $H_3BO_3$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  &  $CO_2$  in solution or as salts,

has always suggested to avoid using any material but lead or stainless steel.

4. a) The surface condenser which is compared here, is of the usually-adopted type, whose calculation has been standardized by the HEAT EXCHANGE INSTITUTE.  
b) A stainless steel conductivity factor of 0.60 has been assumed.
5. a) The jet condenser had the possibility of a wide experience and improvement in Larderello's plants.  
o) Twenty-five condensers are presently in operation; their average condensing duty is about 160 t/h each.  
c) All condensers have been designed & manufactured by two Italian Companies: Ansaldo S.A. & Tosi S.A.  
d) The jet condenser illustrated on fig. IV is mainly composed of the condensing body A and gas cooler B. This is the condenser which has yielded the best results; in fact, it condenses 90 t/h of steam and it succeeds in cooling down the non-condensable gases to a temperature of only 1°C higher than the cooling-water temperature, with a pressure drop of only 7 mm Hg. It is made up of steel plate; it is fire lead-clad and its weight is 27,400 kg. The cost of the condenser is 270 Dollars approx. per t/h of condensed steam. The condenser shown on fig. V is the **latest** type realized in sequence of time. Its cost is however considerably higher.
6. a) The writer affirmed some time ago in another report that the best thermal scheme of exploitation is not always that contemplating the direct admission of steam to the turbine (fig. III), since it changes versus the variation of the gas percentage present in the steam. Therefore, it is preferable to use:
  - i) Non-condensable gases up to 8+10% approx.: direct admission of endogenous steam to the turbine, and

condensation (fig. III).

- ii) Non-condensable gases from 10 to 50%: production of pure secondary steam free from gases, and condensation (fig. II).
  - iii) Non-condensable gases over 50%: direct admission to the turbine and exhaust to atmosphere (fig. I).
- b) The comparison between the two types of condenser must be made separately for condition i) and for condition ii).
7. a) COMPARISON FOR THE CASE OF ENDOGENOUS STEAM WITH NON-CONDENSABLE GAS CONTENT UP TO 10%
- b) A percentage of only 1% of gas in the steam brings about an increase in the stainless steel condenser surface, designed for steam free from gases, from 3,480 m<sup>2</sup> to 12,000 m<sup>2</sup>. Its cost rises from 190,000 \$ to 576,000 \$.
- It is recalled that the average percentage of gases in the steam at Larderello is 4% in weight. Surface & cost values would be still higher.
- The cost of a similar jet condenser is about 25,000 \$.
- c) The surface condenser is in a disadvantageous position from the thermal standpoint, inasmuch as it cannot reach the same temperature of the gases leaving the jet condenser, that causes a greater work for the gas compressors.
- d) Seeing that the power required for circulating the condensing water is about the same in the two types of condensers, the sole important advantage of the surface condenser is that it does not contaminate the non-condensable gases with the oxygen carried over by the condensing water.
- e) This fact may turn to a great advantage in the recovery of the chemical substances going with the steam.

- f) By way of illustration, at Larderello, the admission of oxygen in the gases results in the precipitation of elemental sulphur due to  $H_2S$  oxidation.

It is then established that at Larderello the surface condenser for the types of plants as described under paragraph 6.b)i) (Fig. III), is antieconomical due to its high initial cost and to the greater work of compression of the non-condensable gases.

8.

- a) COMPARISON BETWEEN JET AND SURFACE CONDENSERS IN CASE OF SECONDARY ENDOGENOUS STEAM PRODUCED WITH MAIN STEAM HAVING A GAS CONTENT FROM 10 TO 50%
- b) It is advisable to follow the thermal scheme shown on fig. II.
- c) In this manner, the problem concerning the recovery of the chemical substances, which will be a good deal greater in quantity, is thoroughly solved, because:
- i)  $H_3BO_3$  will be separated & concentrated in the evaporators (separated in the heating section and concentrated in the evaporating section).
  - ii)  $NH_3$  will be separated in special condensate deaerators; this condensate is obtained from endogenous steam condensing in the evaporators, before returning to the same evaporators for its concentration.
  - iii)  $H_2S$  &  $CO_2$  and other gases will remain for the most part in the non-condensable gases and be delivered to the chemical plant still under pressure.
- d) Air admission to the jet condenser does not cause any further damage of chemical nature and the required compressor power increase is not great in the balance of the energy production.
- e) The absolute working pressure can further be lowered in the jet condenser.
- f) The use of surface condensers for the types of plants as

described under paragraph 6.b)ii) (Fig. II) can be excluded, as they are less suitable from the thermal, economical & chemical point of view.

- g) This is due to the fact that in the endogenous plants the cycle is open, i.e., once condensed, the steam does not return to the boiler for a further utilization.
- 9.
- a) This judgment might radically change if nuclear energy and energy possessed by endogenous steam would be used together in the future.
  - b) A scheme of the type shown on fig. II might be resorted to, where the secondary steam produced by the evaporators would superheat inside of a nuclear reactor before being admitted to the turbine.
  - c) Such being the case, very pure water would be required. The surface condenser would therefore become essential and not replaceable.
- 10.
- a) CONCLUSION  
In the particular case of Larderello and on the basis of today's technique conditions, it is assured that whatever the exploitation scheme used may be, the use of the jet condenser coincides with the most rational & economical solution of the condensation problem.
  - b) The convenience of installing surface condensers shall be reviewed in the case of other volcanic steam-jet areas where the non-condensable gases in a percentage up to 10% are composed of chemical substances more precious than Larderello's, or whose recovery is hindered by oxygen.
  - c) It is believed that the surface condenser will become an essential part of the plant on condition that for a more complete utilization of the endogenous steam energy, this will be associated with the nuclear energy.



COMPARAISON ENTRE LES CONDENSEURS A MELANGE ET LES CONDENSEURS A SUR-  
FACE DANS L'UTILISATION DE LA VAPEUR BORACIFERE ENDOGENE DE LARDERELLO POUR  
LA PRODUCTION DE FORCE MOTRICE,  
ET L'EXTRACTION DE CERTAINS PRODUITS CHIMIQUES.

Par Cinzio F.A. Zancani, Ingénieur, Docteur ès sciences,  
du bureau des études et projets de centrales thermiques,  
à la société Ansaldo-Meccanico, Gênes, Italie  
et professeur d'installations chimiques à l'Université classique  
de Gênes.

Résumé

1. a) On donne une brève description des cycles thermiques utilisés. Les installations où l'on prévoit l'emploi d'un condenseur peuvent se diviser en deux catégories:

i) Installations avec admission directe de la vapeur endogène dans la turbine.

ii) Installations à transformation de vapeur, dans lesquelles c'est de la vapeur secondaire qui est admise dans la turbine.

b) Pour chaque catégorie, on examine les avantages et les inconvénients des condenseurs à mélange et des condenseurs à surface, en s'intéressant particulièrement à leur utilisation avec les soufflards boracifères de Larderello, tant du point de vue de la production d'énergie que du point de vue économique et de celui de la récupération des produits chimiques.

c) L'auteur confirme la valeur du condenseur à mélange.

2. a) Les premières turbines à vapeur endogène installées à Larderello étaient du type à échappement à l'air libre ainsi que l'indique la figure 1. Leur consommation était de 20 kg/kWh.

b) L'adoption du condenseur eu lieu vers 1930 en même temps qu'une modification du cycle thermique prévoyant l'addition d'évaporateurs. Le cycle thermique est celui qu'indique la figure II. Il était nécessaire d'y faire appel étant donné la difficulté de construire des compresseurs capables d'extraire des condenseurs les énormes quantités de gaz qui accompagnent la vapeur (a). La consommation spécifique de vapeur endogène de cette installation, qui est encore en service, est de 12 kg/kWh.

c) Compte tenu de la demande intense d'énergie au cours de ces dernières années, la question de la récupération des substances chimiques qui accompagnent la vapeur avait perdu de son importance à côté du besoin de produire la plus grande quantité possible d'énergie.

Entre temps, la technique des compresseurs avait réalisé des progrès et, compte tenu du fait que la teneur en gaz de la vapeur endogène de Larderello ne dépasse pas 5%, il devint possible d'adopter un cycle thermique du type indiqué à la figure II.

d) La consommation spécifique fut améliorée et on aboutit au chiffre de 9 kg/kWh. Ces valeurs de consommation s'entendent après défalcation de la consommation des auxiliaires et pour l'état moyen de la vapeur des bassins boracifères de Larderello, soit environ 4,1 atmosphères en pression absolue, 180°C, et une teneur de 96% de vapeur en poids (b).

3. a) Les installations réalisées à Larderello, conformément aux cycles thermiques des figures II et III, sont dotées de condenseurs à mélange. On a tenté une seule fois d'installer (et ce pour la première turbine à condenseur), un condenseur à surface à tubes d'aluminium. Il a été détruit par la corrosion en quelques mois.

b) Le caractère nettement agressif, du point de vue chimique, de la vapeur condensée qui contient  $H_2BO_3$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  et  $CO_2$  en solution ou sous forme de sels, a toujours exclu l'emploi de tout autre matériau que le plomb ou l'acier inoxydable.

4. a) Le condenseur à surface, dont il sera question dans le présent mémoire, est du type ordinairement adopté, dont les calculs ont été normalisés par le Heat Exchange Institute.

b) Le facteur de conductivité de l'acier inoxydable est 0,60.

5. a) Le condenseur à mélange a reçu nombre d'applications et on a acquis

beaucoup d'expérience sur son utilisation pour les installations de Larderello.

b) Vingt-cinq condenseurs à mélange sont actuellement en service. La capacité moyenne de condensation de chacun d'eux est de 160 t/h environ.

c) Tous les condenseurs ont été projetés et construits par deux sociétés Italiennes: la Société Ansaldo S.A., de Gênes, et la Société F. Tosi de Legnano.

d) Le condenseur à mélange, que représente la figure IV, comporte principalement le corps condensant A et le réfrigérant à gaz B. C'est le condenseur qui a donné les meilleurs résultats; en effet, il condense 90 t/h de vapeur et refroidit les gaz incondensables dont il ramène la température à une valeur qui n'est supérieure que de 1°C à celle de l'eau de refroidissement avec une chute de pression de 7 mm Hg. Ce condenseur à mélange est en tôle d'acier et plombé à chaud; son poids est de 27.400 kg et son prix est sensiblement de 270 dollars par t/h de vapeur condensée. Le condenseur illustré à la figure V est du type le plus récent. Néanmoins, il est beaucoup plus coûteux.

6. a) L'auteur de ce mémoire a souligné il y a quelque temps, dans une autre communication, que le meilleur cycle thermique d'exploitation n'est pas nécessairement celui où il y a admission directe de vapeur dans la turbine (figure III), car ce cycle change en fonction de la variation de la teneur de cette vapeur en gaz. En conséquence, il est nécessaire d'opérer de la sorte:

i) Lorsque la teneur de gaz incondensables atteint 8 ou 10% environ, on peut admettre directement la vapeur endogène dans la turbine et doter cette dernière d'un condenseur (figure III).

ii) Quand la teneur de la vapeur primaire en gaz incondensables atteint de 10 à 50%, on produit de la vapeur secondaire exempte de gaz et on condense (figure II).

iii) Lorsque la teneur en gaz incondensables atteint 50%, on admet la vapeur directe dans la turbine, avec échappement à l'air libre (figure I)

b) Une comparaison séparée entre les deux types de condenseurs est à faire pour la situation i) et la situation ii).

7. a) COMPARAISON ENTRE LE CONDENSEUR A MELANGE ET LE CONDENSEUR A SURFACE POUR LE CAS DE LA VAPEUR ENDOGENE AYANT UNE TENEUR EN GAZ INCONDENSABLES ALLANT JUSQU'A 10%.

b) La présence de 1% de gaz incondensables dans la vapeur porte la surface du condenseur en acier inoxydable, conçu pour une vapeur exempte de gaz, de 3.480 m<sup>2</sup> à 12.000 m<sup>2</sup>.

Ceci en élève le prix de \$190.000 à \$576.000.

On rappelle que la teneur moyenne en gaz de la vapeur du bassin boracifère de Larderello est de 4% en poids. Surface et prix des condenseurs à utiliser pour elle devraient donc encore augmenter.

Le prix d'un condenseur à mélange tout à fait comparable est de l'ordre de \$25.000.

c) Le condenseur à surface présente en outre le désavantage, du point de vue thermique, de ne pas donner la même température des gaz sortants que le condenseur à mélange, d'où nécessité d'un plus grand travail pour les compresseurs.

d) Si on admet que la puissance exigée pour assurer la circulation de l'eau du condenseur est à peu près la même pour les deux types, le condenseur à surface a l'avantage de ne pas souiller les gaz incondensables de l'oxygène qu'entraîne l'eau de refroidissement.

e) Ceci peut présenter un gros avantage dans la récupération des produits chimiques qui accompagnent la vapeur.

f) A Larderello, par exemple, l'admission d'oxygène avec les gaz provoque une précipitation de soufre élémentaire en raison de l'oxydation de l'H<sub>2</sub>S.

g) Il se confirme donc que le condenseur à surface est anti-économique à Larderello pour les types d'installation indiqués au paragraphe 6.b) i), figure III, en raison de son prix initial trop élevé et du plus grand travail de compression des gaz incondensables qu'il exige.

8. a) COMPARAISON ENTRE LES CONDENSEURS A MELANGE ET LES CONDENSEURS A SURFACE DANS LE CAS DE LA VAPEUR ENDOGENE SECONDAIRE PRODUITE A PARTIR DE VAPEURS NATURELLES AYANT UNE TENEUR EN GAZ COMPRISE ENTRE 10 ET 50%.

b) Il est indiqué de suivre le cycle thermique illustré à la figure II

c) Tout problème ayant trait à la récupération des produits chimiques, dont la proportion sera donc plus élevée que celle que nous indiquons se trouve ainsi totalement résolu, car:

i)  $H_3BO_3$  sera séparé et concentré dans les évaporateurs (séparé dans la section "chauffage", concentré dans la section "évaporation").

ii)  $NH_3$  sera séparé de la vapeur condensée en provenance de la vapeur endogène qui est condensée dans les évaporateurs avant qu'elle leur fasse retour pour être concentrée.

iii)  $H_2S$ ,  $CO_2$  et les autres gaz resteront pour la plupart dans les gaz incondensables. Ils seront fournis aux services chimiques avec une pression résiduelle.

d) L'introduction d'air dans le condenseur à mélange ne provoque plus aucune autre avarie d'ordre chimique et le supplément de puissance exigé du compresseur ne présente pas beaucoup d'importance quant au bilan énergétique d'ensemble.

e) La pression absolue de fonctionnement de condenseur peut être abaissée par la suite dans les condenseurs à mélange.

f) L'emploi de condenseurs à surface peut être exclu pour les types d'installation indiqués au paragraphe 6b) ii) figure II, car ils sont moins pratiques que les autres des points de vue thermique, chimique et économique.

g) Ceci s'explique par le fait que, dans les installations à vapeur endogène, le cycle est à circuit ouvert, en d'autres termes que la vapeur ne fait pas retour à la chaudière en vue de son utilisation ultérieure une fois qu'elle a été condensée.

9. a) Ce point de vue pourrait être transformé du tout au tout, dans l'hypothèse où l'énergie nucléaire et celle de la vapeur endogène seraient utilisées ensemble dans l'avenir.

b) On pourrait songer alors à un cycle thermique du type représenté à la figure II, où la vapeur secondaire produite dans les évaporateurs serait surchauffée dans un réacteur nucléaire avant d'être admise à la turbine.

c) En pareil cas, il faudrait une eau très pure; le condenseur à surface deviendrait donc indispensable et irremplaçable.

10. a) CONCLUSIONS

Dans le cas de Larderello, et dans l'état actuel de la technique, il se confirme que l'emploi du condenseur à mélange représente la solution la plus rationnelle et la plus économique que l'on puisse donner au problème de la condensation, quels que soient les cycles thermiques employés.

b) On devra passer de nouveau en revue l'opportunité d'installer des condenseurs à surface dans le cas où l'on fait usage d'autres sources de vapeur endogène, différentes de celles de Larderello, où les gaz incondensables d'une teneur inférieure à 10% comprendraient des substances plus précieuses que celles qui nous intéressent, ou encore dans le cas où la récupération de ces substances serait rendue difficile par l'oxygène.

c) Le condenseur à surface pourra devenir un élément indispensable de l'installation si, pour une plus grande utilisation de l'énergie de la vapeur endogène, on fait appel à l'énergie nucléaire.

