



LUND UNIVERSITY

Experiences Suedoises relatives à l'instrumentation et à la regulation en stations d'épuration

Olsson, Gustaf

1978

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Olsson, G. (1978). *Experiences Suedoises relatives à l'instrumentation et à la regulation en stations d'épuration*. (Technical Reports TFRT-7159). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

EXPERIENCES SUEDOISES RELATIVES A
L'INSTRUMENTATION ET A LA REGULATION
EN STATIONS D'EPURATION

G. OLSSON

Department of Automatic Control
Lund Institute of Technology
December 1978

27 nov. au 1er déc. 1978
PARIS

34

EXPERIENCES SUEDOISES RELATIVES A L'INSTRUMENTATION
ET A LA REGULATION EN STATIONS D'EPURATION

G. OLSSON

Department of Automatic Control
Lund Institute of Technology
Suède

Dokumentutgivare

Lund Institute of Technology
 Handläggare Dept of Automatic Control
 G Olsson
 Författare
 G Olsson

Dokumentnamn

04T4
 Utgivningsdatum
 Dec 1978

Dokumentbeteckning

LUTFD2/(TRT-7159)/1-22/(1978)
 Ärendebeteckning
 06T6

10T4

Dokumenttitel och undertitel

18T0
 Experiences Suedoises Relatives a l'instrumentation et a la regulation en stations d'epuration.

(Swedish experiences of instrumentation and control of wastewater treatment plants)

Referat (sammandrag)

26T0
 The report summarizes some Swedish experiences of Sewage treatment plant operation and control. The emphasis of the paper is made on activated sludge control and chemical dosage control.

Referat skrivet av

Author

Förslag till ytterligare nyckelord

44T0

Klassifikationssystem och -klass(er)

50T0

Indextermer (ange källa)

52T0

Omfång

82T0

Föråk
 French

Övriga bibliografiska uppgifter

56T2

Sekretessuppgifter

60T0

ISSN

60T4

ISBN

60T6

Dokumentet kan erhållas från

Department of Automatic Control
 Lund Institute of Technology
 P O Box 725, S-220 07 LUND 7, SWEDEN

Mottagarens uppgifter

62T4

Pris

66T0

EXPERIENCES SUEDOISES RELATIVES A L'INSTRUMENTATION ET A LA REGULATION EN STATIONS D'EPURATION

Gustaf Olsson

Résumé

Au cours de la dernière décade s'est plus ou moins accomplie en Suède la période de forte expansion concernant la conception des stations d'épuration. La majorité de la population suédoise dispose d'un traitement biologique et chimique. Actuellement, les problèmes opérationnels tendent à être intéressants. Les coûts d'énergie, de produits chimiques, d'entretien et de personnel doivent être minimisés, sans perte de la fiabilité du fonctionnement et de la qualité des effluents. Ceci a créé un intérêt croissant pour la dynamique, l'instrumentation et la régulation des installations, ainsi que pour les relations entre le fonctionnement et la conception des installations.

Au cours des dernières années, on a soutenu des projets d'études dynamiques et de régulation en ligne. Plusieurs études ont été centrées sur les procédés à boues activées. On a réalisé des expériences à échelle réelle d'études dynamiques et de régulation en ligne. On a examiné la relation entre le dosage chimique et le traitement biologique, et étudié les aspects d'une régulation à la fois carbonée et azotée.

On a utilisé les ordinateurs pour la surveillance et la régulation en ligne des installations. Plusieurs systèmes d'ordinateur pour l'enregistrement des données sont installés en Suède, mais un seul système est conçu pour une régulation directe numérique. On discutera du potentiel des ordinateurs

naît que l'instrumentation et la régulation ont la possibilité d'augmenter la qualité de l'effluent, d'accroître la fiabilité du traitement et de réduire les coûts de fonctionnement. Ceci a bien été établi au cours de conférences récentes comme le colloque international sur l'instrumentation et la régulation pour le traitement de l'eau et des eaux usées et les systèmes de transport de l'IRWPR, de 1977, à Londres et Stockholm. L'EPA a publié récemment une revue intéressante de la situation aux Etats-Unis de l'instrumentation et de la régulation (voir Molvar et al. , 1976).

Perturbations et régulation

Une station d'épuration est constamment affectée par des perturbations. C'est la raison pour laquelle l'instrumentation et la régulation en ligne sont les outils cruciaux d'un fonctionnement satisfaisant. Contrairement à de nombreuses installations chimiques les perturbations ont une amplitude importante, de sorte qu'une approche à l'état stationnaire ne serait pas adaptée du tout, dans la plupart des installations. Les perturbations peuvent être classées en trois groupes :

- perturbations hydrauliques,
- perturbations relatives à la concentration et à la composition,
- perturbations microbiologiques.

Les variations hydrauliques ont souvent une amplitude importante. Les amplitudes sont liées aux dimensions du réseau d'égout. Certaines perturbations, comme les orages et la fonte des neiges, peuvent déranger tout le procédé. La fréquence des perturbations ainsi que leur durée sont bien entendu importantes, et une action de régulation appropriée dépend de ces facteurs.

5.

types différents de régulateurs. La première catégorie est classée sous le terme d'automatisation, l'autre sous celui de régulation de procédé. Des exemples de la première catégorie sont les régulateurs de moteur, de pompe et de vanne, les régulateurs de niveau et de pression locaux, etc... Toutes ces régulations sont bien entendu importantes pour le fonctionnement du procédé lui-même, mais elles ne nécessitent pas une connaissance spécifique quelconque du procédé. Leur but est plutôt de faciliter la tâche des opérateurs. Nous considérerons ici l'autre type de régulateurs, qui nécessitent une connaissance spécifique du procédé et des mesures.

Le procédé unitaire le plus souple mais aussi le plus difficile à réguler est probablement le procédé à boues activées. On peut distinguer au moins quatre variables de régulation :

- le débit d'air,
- le débit des boues recyclées,
- le débit des boues résiduelles,
- le diagramme de répartition de l'alimentation.

Dans certaines installations même la distribution spatiale du débit d'air peut être régulée, au moins manuellement.

Dans le traitement chimique pour l'élimination du phosphore on peut réguler le dosage des produits chimiques, ainsi que celui des solutions d'ajustage du pH. Pour le conditionnement des boues, on peut réguler le dosage des polymères ou polyélectrolytes. Dans les digesteurs anaérobies, la température est souvent régulée. Afin de résoudre le problème des grosses perturbations et des variations importantes des eaux à traiter, il y a deux façons principales d'opérer. La façon traditionnelle a été de concevoir de grands bassins avec un temps de maintien suffisamment long. C'est une méthode coûteuse de résoudre des problèmes dynamiques. Une autre méthode consiste à compenser les perturbations au moyen de l'instrumentation et de la régulation. Ceci demandera une connaissance du procédé et des coûts de fonctionnement

régulation du traitement chimique d'élimination du phosphore.

Des résultats de ce projet ont été donnés par exemple dans les articles de Olsson/Hansson (1976,a,b), Gillblard/Olsson (1977,1978), et Olsson (1977). On décrira dans la suite de cette communication quelques expériences de régulation et de mesure.

Régulation de l'oxygène dissout

Le débit d'air dans un procédé à boues activées est une variable de régulation essentielle. Il a un effet important sur l'économie de l'installation, et il jouera un rôle important dans la qualité des résultats de l'installation. La concentration nécessaire d'oxygène dissout pour les micro-organismes dépend de l'espèce d'organismes. La vitesse de synthèse dépend de la concentration d'OD jusqu'à une certaine concentration (1,5 - 2 mg/l). Aux concentrations supérieures, la teneur en OD n'influencera pas la vitesse de croissance. Il est donc naturel d'essayer de réduire au minimum le débit d'air, tout en conservant une vitesse de croissance maximum. La régulation de l'OD, en tant que variable physique, ne demande pas une connaissance approfondie de la dynamique de l'installation. Le problème est d'avoir les mécanismes de régulation qui conviennent et une commande de régulation appropriée, pour pouvoir amortir les grosses perturbations par la régulation. Les capteurs sont généralement considérés comme assez fiables pour permettre de bons résultats. Dans un système à diffuseur, on doit maintenir la pression de l'air dans des limites très étroites. Le système de régulation de l'OD doit donc comprendre une régulation de la pression de l'air. Autrement des oscillations de la pression de l'air peuvent facilement se produire.

Il n'est pas inutile de déterminer la valeur appropriée au point d'équilibre de la concentration en OD. Ceci nécessite une connaissance détaillée de la dynamique de la partie biologique du réacteur. Premièrement, on doit connaître la concentration limite pour les organismes. Elle est différente pour les bactéries hétérotrophes, par rapport aux bactéries nitrifiantes ou fila-

Par augmentation du débit des boues recyclées, la concentration des boues diminuera. Il existe donc une capacité supérieure de transport de substance sèche par la canalisation de recyclage. A Gävle (voir Gillblad/Olsson, 1977), on utilise l'ordinateur pour calculer le débit maximum des boues recyclées. On mesure à la fois le débit et la concentration. Le débit ne peut être augmenté, que si le débit de substance sèche correspondant augmente.

Le temps de maintien des boues dans le décanteur est affecté par le débit de recyclage des boues. Dans une installation de nitrification, la dénitrification peut se produire dans le décanteur, étant donné un temps de maintien suffisant. Ceci provoquera l'élévation des boues, due à la formation d'azote gazeux. En conséquence, dans quelques installations avec nitrification, le débit de recyclage des boues est maintenu à une valeur très élevée, et on ne stocke pas de boues dans le décanteur.

Dans quelques installations, le débit de recyclage est régulé proportionnellement au débit des eaux à traiter. Cette stratégie de régulation n'est pas recommandable. Elle ne prend pas en considération les effets hydrauliques. Qui plus est, les variations de concentration des eaux usées à traiter ne sont pas prises en considération. Finalement, les variations de concentration des boues recyclées dues aux variations du débit sont essentielles.

Régulation des boues résiduelles

La régulation des boues résiduelles a un effet très lent sur le comportement de l'installation, à cause du faible débit des boues résiduelles. L'action de la régulation se manifeste sur des jours ou des semaines au lieu d'heures. Le débit des boues résiduelles déterminera la masse de solides restant dans le système, c'est-à-dire l'âge des boues (ou la durée de maintien des boues). Par conséquent, afin de déterminer le type d'organismes à maintenir dans le système, la régulation des boues résiduelles est im-

multanée, tandis qu'en 1 et 2 on parle de prétraitement chimique. La majorité des installations suédoises sont équipées d'une post-précipitation. Ceci nécessite cependant des coûts d'investissement très élevés, dans la mesure où l'on doit construire à la fois des bassins de floculation et de décantation. Dans quelques installations - mais pas toutes - on a pu utiliser avec succès la précipitation simultanée, ce qui signifie une réduction importante des coûts de conception et de fonctionnement.

Pour la précipitation simultanée, on a utilisé du sulfate ferreux ($\text{Fe SO}_4, 7 \text{ H}_2\text{O}$) - un déchet de la production du dioxyde de titane ou du décapage de l'acier. Dans la station d'épuration de Käppala, en dehors de Stockholm, on a fait des essais de longue durée, de précipitation simultanée (Dahlqvist et al., 1975), et essayé tous les points d'injection 1 à 6, sans trouver de différence dans l'efficacité de la précipitation chimique. On a montré une réduction importante des coûts de fonctionnement, par rapport à l'alun.

Régulation du dosage des produits chimiques

Du point de vue de la régulation le pH est un paramètre crucial, en particulier pour la précipitation des sels métalliques. L'alcalinité est aussi importante, pas seulement pour la précipitation à la chaux. Elle détermine aussi la capacité de tampon des eaux usées. Il est souhaitable, bien entendu, de connaître la teneur en phosphore ou phosphate, mais c'est très difficile, sauf en termes de teneur en phosphore total.

Les schémas de régulation appliqués peuvent se diviser en deux groupes fondamentaux. Dans l'un, la régulation est proportionnelle au débit, avec correction manuelle, de la vitesse de dosage. On l'applique à l'élimination du phosphore et au conditionnement des boues. Dans l'autre groupe, la régulation est proportionnelle au débit, avec correction en retour basée sur des capteurs en ligne, tels que régulateurs de pH. On doit aussi effectuer certains contrôles supplémentaires des effluents, tels que

La combinaison d'une nitrification suivie d'une post-précipitation du sulfate d'aluminium peut conduire à une réduction substantielle du dosage de l'agent de précipitation. Ceci a été démontré dans certaines installations, notamment à Himmer-sfjärden, au sud de Stockholm et à Orebro. En utilisant un dosage de 75 mg/l d'AVR Boliden, on a pu obtenir une teneur totale de l'effluent en P de 0,2- 0,5 mg/l (voir Larsson, 1975). A Orebro le dosage de l'AVR a pu être réduit de 120 à 85 mg/l. C'est un problème d'optimisation intéressant de compenser l'accroissement des coûts d'aération (dû à l'âge des boues et à la teneur en OD plus élevée nécessaires) par la réduction des coûts des produits chimiques. Des études récentes (voir Grönqvist et al., 1978) indiquent que le coût total d'une augmentation de l'âge des boues de 5 à 20 jours, au cours du traitement biologique des eaux usées par le procédé à boues activées, est plutôt faible (environ 5 à 10 %). L'augmentation des coûts due à un bassin d'aération plus grand et à une alimentation en air supplémentaire pour la nitrification est, dans une large mesure, compensée par la réduction des coûts de manutention des boues.

Régulation des centrifugeuses

Pour conditionner les boues avant centrifugation, on leur ajoute des polymères ou polyélectrolytes. Le coût des polymères est très élevé, de sorte que leur dosage doit être régulé afin de réduire au minimum la teneur en solides en suspension de l'eau rejetée. Dans certaines installations, l'alimentation des boues dans les centrifugeuses est régulée en fonction des mesures des solides en suspension dans l'eau rejetée. Il convient mieux de réguler le dosage des polyélectrolytes. Le dosage des polymères est d'abord ajusté linéairement suivant un signal en avant du débit massique solide des boues à traiter dans la centrifugeuse. Le dosage est ensuite ajusté suivant un signal de retour provenant de la mesure de la turbidité de l'eau rejetée. On a obtenu des résultats prometteurs dans deux installations de Stockholm et à Gävle. Dans les installations de Stockholm la régulation a été

des échelles. Le plus souvent l'ordinateur peut automatiquement reconnaître quand un étalonnage ou un nettoyage d'instrument se produisent.

La planification de l'entretien est très importante dans une grosse station d'épuration. Les durées de fonctionnement normales des pompes, vannes, moteurs, etc..., sont enregistrées. L'opérateur saura chaque jour par l'ordinateur quels mécanismes et quels instruments doivent être entretenus.

L'usage de l'ordinateur pour la résolution des problèmes de fonctionnement est bien reconnu. Le fait simplement d'enregistrer les variables cruciales rend la recherche d'autant plus facile. Il est naturel d'enregistrer les limites d'alerte pour chaque instrument disponible dans une installation. De même on peut observer les évolutions et les limites d'évolution. Le plus souvent, cependant, les observations humaines ou les analyses de laboratoire doivent s'ajouter aux instruments automatiques, avant de pouvoir faire un diagnostic final de certaines conditions de fonctionnement.

L'ordinateur est un outil excellent pour combiner les lectures de tous les instruments, afin de détecter les combinaisons dangereuses des valeurs des variables du procédé. Etant donné certaines combinaisons fournies par les instruments (il peut alerter l'opérateur sur certains états comme :

- une grande charge hydraulique,
- une mauvaise décantation,
- l'accumulateur de boues plein ou vide ,

etc..), parfois il demande à l'opérateur d'autres informations, afin de donner un diagnostic plus précis. Il peut demander un indice de volume des boues, un essai microscopique pour les bactéries filamenteuses, etc... De cette façon, l'expérience de l'opérateur et une méthode supérieure de reconnaissance des ca-

Références

Dahlqvist K I, L Hall, et Bergman (1975) : Fosforreduktion med tvavärt järnsulfat vid Källalaverket (Phosphorus reduction with ferrous sulphate at the Källala treatment works). In Swedish. Vatten 31, 166-179

Flanagan M J et B D Bracken (1977) : Design procedures for dissolved oxygen control of activated sludge processes. USEPA, 600/2-77-032. Juin 1977.

Gillblad T et G Olsson (1977) : Computer control of a medium sized activated sludge plant. Paper 62, IAWPR Int Workshop on Instrumentation and Control for Water and Wastewater Treatment and Transport Systems, Londres, Mai.

Gillblad T et G Olsson (1978) : Implementation problems for activated sludge controllers. Report TFRT-7137, Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund, Suède.

Grönqvist Siv, H Holmström, B Hultman, et L G Reinius (1978) ; Experiences and process development in biological-chemical treatment of municipal wastewaters in Sweden. Paper IAWPR conference, Stockholm, Juin 1978.

Hawerman B (1978) : Kostnaderna största problemet idag (the operational costs are the biggest problem today). Interview in Vattenspegeln, Boliden Kemi AB, Helsingborg.

Isgard E et al. (1974) : Swedish techniques to combat pollution. Eff. & Wat. Treat. J., Février 1974, 97-101.

Larsson E (1975) : Kemisk fällning vid Himmersfjärdsverket (Chemical treatment at the Himmersfjärden treatment works). In Swedish. Kemisk Tidskrift 87, 116-117.

Molvar A E, J F Roesler, R H Wise, et R H Babcock (1976) : Instrumentation and automation experiences in wastewater treatment facilities. Report USEPA-600/2-76-198, US Dept of Commerce, Nat. Tech. Inf. Service PB-262-232.

Olsson G (1977) : State of the art in sewage treatment plant control. AIChE Symp. Series No 159, 72, 52-76.

Olsson G (1978) : Automatic control in combined wastewater treatment plants. Invited paper, Int. Environmental Colloquium, Liège, Belgique, Mai 1978.

Olsson G et JF Andrews (1977) : Estimation and control of biological activity in the activated sludge process using dissolved oxygen measurements. Proc. IFAC Symp. Environmental Systems Planning, Design and Control, Kyoto, Japon.

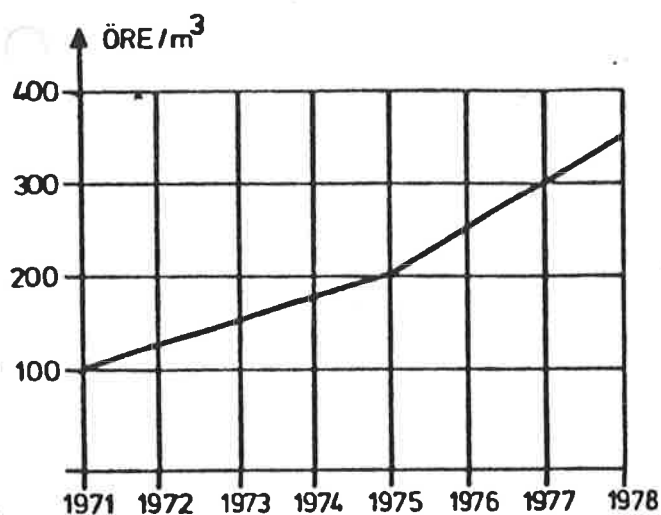
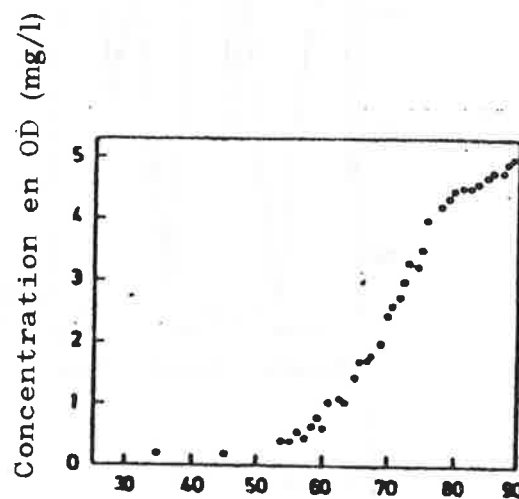


Figure 1 Illustration de la croissance du coût du traitement des eaux ées en Suède.



Distance le long de l'aérateur

Figure 2 - Concentration typique en OD dans un aérateur long.

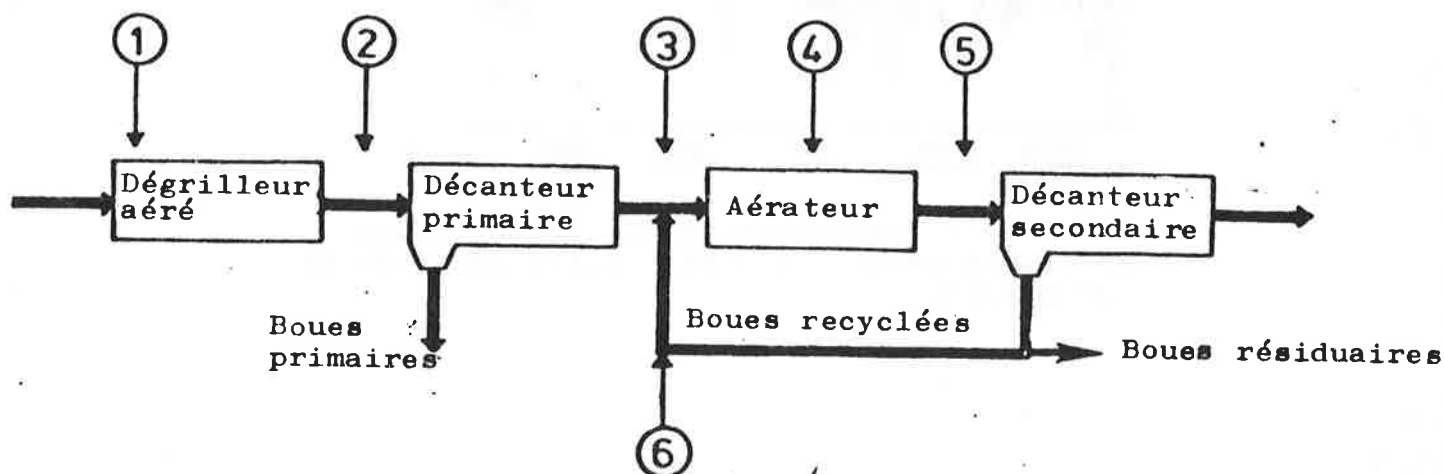


Figure 4 - Six endroits possibles de dosage des produits chimiques dans une installation normale.