



Probabilistic design of wastewater treatment plants

Thèse

Mansour Talebizadehsardari

Doctorat en génie des eaux

Philosophiae doctor (Ph.D.)

Québec, Canada

© Mansour Talebizadehsardari, 2015

RÉSUMÉ

Dans cette étude, une méthode de conception probabiliste pour la conception d'usines de traitement des eaux usées (STEP) qui permet la quantification du degré de conformité aux normes de rejet en termes de probabilité a été proposée. La méthode de conception développée est une approche basée sur un modèle dans lequel les sources pertinentes d'incertitude sont exprimées en termes de fonctions de distribution de probabilité et leur effet combiné sur la distribution de la qualité de l'effluent sont quantifiés par simulation Monte Carlo.

Pour ce faire, une série de conceptions en régime permanent avec différents niveaux de sécurité ont été générés en utilisant des règles de conception et la probabilité correspondante de non-conformité aux normes de rejet ont été calculés en utilisant des simulations dynamiques avec différentes réalisations de séries temporelles d'affluent et différentes valeurs pour les paramètres du modèle de station d'épuration.

Pour générer différentes réalisations de séries temporelles d'affluent, un logiciel a été développé pour la génération de séries temporelles d'affluent tenant compte des conditions climatiques locales ainsi que les caractéristiques de base des réseaux d'égout connectés. En outre, différentes réalisations des paramètres du modèle de STEP ont été générés par l'échantillonnage des fonctions de distribution de probabilité et l'effet combiné de la variabilité de l'affluent et l'incertitude du modèle sur la distribution de la qualité des effluents a été calculé en exécutant un certain nombre de simulations Monte Carlo jusqu'à ce que la convergence de la distribution de la qualité des effluents a été atteinte. Une fois la convergence atteinte, la probabilité de non-respect d'une alternative de conception peut être calculée pour un certain niveau de qualité de l'effluent.

La méthode de conception probabiliste peut aider les concepteurs à éviter l'application de facteurs de sécurité conservateurs qui pourraient entraîner un dimensionnement trop petit ou

trop grand de stations d'épuration. En outre, le calcul de la probabilité de non-conformité comme un critère quantitatif peut aider les concepteurs et les décideurs à prendre une décision informée des risques en vue de la meilleure configuration de traitement, son dimensionnement, ainsi que le fonctionnement de l'usine pour la conception ou la mise à niveau des stations d'épuration.

Mots-clés: usine de traitement des eaux usées, de conception dans l'incertitude, de la conception en fonction du risque, analyse de l'incertitude, probabilité de non-conformité.

ABSTRACT

In this study, a probabilistic design method for the design of wastewater treatment plants (WWTP) that enables the quantification of the degree of compliance to the effluent standards in terms of probability has been proposed. The developed design method is a model-based approach in which relevant sources of uncertainty are expressed in terms of probability distribution functions and their combined effect on the distribution of the effluent quality is quantified by Monte Carlo simulation.

To do so, a set of steady-state designs with different levels of safety is first generated using a design guideline and then the corresponding probability of non-compliance (PONC) to the effluent standards is calculated using dynamic simulations under different realizations of influent time series and different values for the WWTP model parameters.

To generate different realizations of the influent time series, a software tool was developed for synthetic generation of influent time series data considering the local climate conditions as well as basic characteristics of the connected sewershed. Moreover, different realizations of WWTP model parameters are generated by sampling from the probability distribution functions that are assigned to uncertain model parameters. The combined effect of influent variability and model uncertainty on the effluent distributions is calculated by running a certain number of Monte Carlo simulation runs until convergence of the effluent distribution is achieved. Once convergence is reached for the effluent distribution, the PONC for a design alternative can be calculated for a certain effluent standard.

The probabilistic design method can help designers avoid the application of conservative safety factors that could result in over-or under-sizing of WWTPs. Moreover, calculating the probability of non-compliance as a quantitative criterion can help designers and decision makers make risk-informed decisions on the best treatment configuration, sizing, and plant operation during the design or upgrading of WWTPs.

Keywords: Wastewater treatment plant, design under uncertainty, risk-informed design, uncertainty analysis, probability of non-compliance.