

**Modelling of Suspended Solids
in Integrated Urban Wastewater Systems**

—

**Reliable and Efficient Data Collection,
Modelling and Optimization**

Thèse

Julia M. Ledergerber

Sous la direction de:

Peter A. Vanrolleghem, directeur de recherche
Thibaud Maruéjols, codirecteur de recherche

Résumé

Les avantages de la gestion intégrée de l'eau sont connus depuis des années, mais ces approches sont devenues plus importantes que jamais. Cela est reconnu dans l'objectif 6 des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies. En ciblant à la fois l'eau potable et l'assainissement, cet objectif demande une approche intégrée car il reconnaît leur interdépendance. Cette thèse vise à faire progresser le domaine de la modélisation intégrée de l'eau, et en particulier en ce qui concerne les matières en suspension. Les émissions globales de l'assainissement ont gagné en intérêt puisque les normes de qualité de l'eau sont étendues de la station de récupération des ressources de l'eau au réseau d'égout. La modélisation intégrée permet d'évaluer les interactions et d'estimer les émissions en plus des mesures de la qualité de l'eau (encore) rares. Les particules peuvent être considérées comme un indicateur de la qualité de l'eau couvrant la pollution particulaire, mais aussi les matières organiques, les nutriments et les substances telles que les micro-polluants hydrophobes. L'approche de modélisation choisie est conceptuelle, pour ses calculs rapides, et basée sur la distribution de la vitesse de décantation des particules, partout où la décantation et la remise en suspension sont les processus caractéristiques. L'approche est complétée par d'autres modèles pour couvrir le système du bassin versant jusqu'à la station de récupération des ressources de l'eau.

Un modèle intégré nécessite de nombreuses données. Pour une collecte de données efficace, premièrement, une procédure est établie pour construire un modèle conceptuel d'égout à partir d'un modèle hydraulique détaillé. Deuxièmement, une méthodologie de conception expérimentale optimale est adaptée à l'environnement complexe des égouts pour une campagne de mesure de la qualité de l'eau. L'utilité de l'approche de la distribution de la vitesse de décantation des particules est ensuite démontrée en calibrant et en validant le modèle pour un site pilote. Une procédure est élaborée pour tenir compte de l'incertitude des paramètres et de la variabilité des données d'entrée afin d'identifier des points de contrôle fiables. La procédure est utilisée pour la réduction d'émission des particules, facilitée par le calcul rapide du modèle car plusieurs analyses de sensibilité sont demandées. Le dernier chapitre termine la thèse par l'évaluation pratique des stratégies visant à réduire les émissions globales. La thèse fait ainsi progresser le domaine de la modélisation intégrée des particules et fournit en même temps des procédures qui permettent de surmonter les obstacles généraux à la modélisation en mettant l'accent sur la collecte de données fiables et efficaces, la modélisation ainsi que l'optimisation.

Abstract

The advantages of integrated water management have been known for decades, but are more than ever important. This is acknowledged in goal six of the 17 sustainable development goals of the United Nations. By targeting both clean water as well as sanitation, this goal is inherently asking for an integrated approach since it recognizes their interdependence. This dissertation aims at advancing the field of integrated water systems modelling in general, and in particular with respect to suspended solids. Overall emissions from the integrated urban wastewater system have gained interest since water quality standards are increasingly extended from the water resource recovery facility to the sewer system. Integrated modelling allows evaluating interactions and estimating overall emissions complementary to the not (yet) abundant water quality measurements. For this evaluation suspended solids can be seen as an indicator for the receiving water quality covering particulate pollution as such, but also undesired organic matter, nutrients and substances such as hydrophobic micropollutants. The modelling approach chosen is conceptual, due to its rapid calculations, and based on the particle settling velocity distribution wherever settling and resuspension are the characteristic processes of suspended solids. The approach is extended with complementary models to cover the integrated system from the catchment down to the water resource recovery facility.

The development of an integrated model however requires vast data sets. First, for efficient data collection a procedure is established to build a fast conceptual sewer model from its detailed hydraulic counterpart. Second, an optimal experimental design methodology is adapted to the challenging sewer environment for the efficient planning of a water quality measurement campaign. The usability of the particle settling velocity approach is then shown by calibrating and validating the model for a case study. A procedure is developed to consider parameter uncertainty and input variability to identify reliable control handles. The procedure is applied for the abatement of total suspended solid, facilitated by the comparably low computational demand of the model, as the procedure asks for multiple global sensitivity analyses. The last chapter closes the dissertation with the practical application of evaluating different strategies to reduce the total suspended emissions to the receiving water. The dissertation thus advances the field of integrated modelling for particulates and at the same time provides procedures which overcome barriers general to modelling focusing on reliable and efficient data collection, as well as optimization.