

# GIS 기반 중·소규모 하천의 수문지형 물리적 구조 평가 체계 개발\*

김만규<sup>1\*</sup>·김혜주<sup>2</sup>·박종철<sup>3</sup>

## Development of the GIS-based Stream Hydromorphological Structure Assessment System for Small and Midium-size Streams\*

Man-Kyu KIM<sup>1\*</sup>· Hye-Ju KIM<sup>2</sup>·Jong-Chul PARK<sup>3</sup>

### 요 약

최근 한국에서는 하천의 환경적·생태적 기능을 되살리기 위해 하천복원과 관련된 여러 가지 사업이 진행되고 있다. 이러한 하천복원사업에 있어서 사업대상 하천의 생태성에 대해 평가하고, 이를 바탕으로\* 하천복원사업의 목표와 계획을 수립할 수 있도록 하는 일은 학술적이거나 사업적으로나 모두 값진 일이 될 것이다. 한편, 하천의 생태성을 개략적으로 판단할 수 있는 방법의 하나는, 하천의 수문지형 물리적 구조(hydromorphological structure)를 평가하는 것이다.

본 연구에서는 LAWA(물관리 연구 독일 연방 법적공동체)의 하천 평가 기법을 이용하여 중·소규모 하천(1)의 자연 생태성을 평가하기 위한 하천의 수문지형 물리적 구조를 평가하는 현장 조사 체계(field survey system)를 개발하고, 아울러 조사결과를 이용하여 도면자동화 체계(auto mapping system) 및 보고서로 작성하는 과정을 지원하는 GIS 기반의 하천 평가 체계를 개발하였다. 하천복원 및 관리 분야 종사자들이 하천복원 계획 수립과 관리의 단계에서 대상하천의 하천자연도 내지 생태성을 인지하고 분석하는데 도움을 주고, 대상하천의 '도달해야 하는 이상적인 하천 모델상'을 결정하기 위한 기초 자료를 수집하는데 도움을 주고자 한다.

주요어 : 현장조사체계, LAWA 하천 수문지형 물리적 구조 평가, GIS기반 하천 평가 체계

### ABSTRACT

Recently, there have been many projects regarding restoration of streams to recover their environmental and ecological functions. For the restoration of streams, it is valuable academically and economically to evaluate the ecological condition of streams and build a plan

2008년 4월 29일 접수 Received on April 29, 2008 / 2008년 6월 9일 수정 Revised on June 9, 2008 / 2008년 6월 20일  
심사완료 Accepted on June 20, 2008

\* 본 연구는 한국건설기술연구원의 "다기능 하천실험사업"의 일환으로 수행되었음

1 공주대학교 지리학과 Department of Geography, Kongju Nat'l Univ.

2 김혜주 자연환경계획연구소 Institute of Landscape Planning Hyea-Ju Kim

3 공주대학교 대학원 지리정보학과 박사과정 Doctoral Student, Graduate School of Geographic Information Science, Kongju Nat'l Univ.

※ 연락처자 E-mail: aquasia@kongju.ac.kr

and an object for restoring streams based on that. On the other hand, one of the methods to figure out the ecological condition of streams is to evaluate the hydromorphological structure of stream.

In this study we have developed a field survey system using the stream assessment method of LAWA (Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser in Germany) that can assess the hydromorphological structure of small and medium streams. In addition, we constructed a GIS-based stream assessment system which can support auto mapping system and report writing, using the survey results. These systems are aimed to help people in the area of restoring streams perceive the natural and ecological condition of streams in the process of making plans and managing the projects, and they also try to help in collecting raw data to determine an ideal potential model to which an existing stream should be turned.

*KEYWORDS : Field Survey System, LAWA Stream Hydromorphological Structure Assessment, GIS-based Stream Assessment System*

## 서론

최근 한국에서는 생물서식처, 자정작용, 경관과 친수 등 하천의 환경 생태적 기능을 되살리기 위한 하천 복원 사업과 관련 연구들이 진행되고 있다. 그 예가 서울시의 ‘한강르네상스 프로젝트’이며, 접근성 개선, 문화관광 시설 조성, 수상이용 극대화, 한강 생태 정비 등의 내용을 토대로 추진한다고 한다. 이러한 유형의 사업 및 관련되는 학술연구 분야에서 중요한 것 중의 하나는 대상 하천을 어떠한 방향으로 복원, 보전, 관리하는 것이 바람직한 것인지에 대하여 목표하는 구간별 하천 모델을 설정하고, 설정된 목표 하천 모델에 따라 대상 하천에 대한 하천평가를 수행해 내는 일이다. 하천평가에서는 일반적으로 기존엔 치수성이나 이수성 또는 경제성 평가가 주요한 항목이었으나, 최근의 하천환경을 고려한 자연형 하천조성사업에서는 친수성과 하천의 자연성, 즉 생태성에 대한 평가가 설계에서 크게 요구되고 있다. 하천의 생태성 평가는 설계대상하천이 가지고 있는 하천의 생태적 기능성을 평가하는 것이다.

이러한 하천평가를 위해서는 GIS 기반 하천

평가체계 개발 또한 필요한 실정이다. 이러한 평가체계는 하천평가용 현장 조사 체계(field survey system)를 제공하며, 조사결과를 DB 화하고, 또 DB의 조사 자료를 활용하는 도면 자동화 체계(auto mapping system)를 내장하고 있으며 보고서를 전문 업무에 맞게 작성하는 기능을 수행하여야 할 것이다. 체계 개발 시 가장 중요하고 제일 먼저 결정되어야 하는 일은, 체계에 도입할 하천평가 기법을 결정하는 일이다.

유럽에서는 약 1980년대 중반에서 1990년대 중반에 걸쳐 다양한 하천의 생태성 평가 기법들이 소개되었고(Friedrich & Lacombe, 1992; LOELF, 1985; Otto & Braukmann, 1983), Otto & Braukmann(1983)은 하천의 생태성 평가를 이용하여 하천의 유형을 분류하였다. 특히 Braukmann(1987)의 연구는 이후 유럽연합(EU)의 하천 유형을 56개로 분류하는데 크게 기여하였다. 그리고 Sommerhaeuser & Pottgiesser(2004)는 독일 하천유형을 24개 유형으로 정리하였다. 구미에서는 Rosgen의 하천분류개념과 방법을 이용하여 Chester County Water Resources Authority, et al. (2004)가 침식정도, 인공구조물, 수문학적 변

화, 식생, 물의 상태, 부영양화 정도, 어류 이동성 여부, 어종 및 종풍부도, 소의 크기, 곤충 및 저서생물의 서식처와 기타 5개항의 보조 사항을 도입하여 종합적인 하천평가를 시도하였다.

유럽의 하천평가 기법 중에 국내에는 영국의 RCS(River Corridor Survey)가 국내 실무에 널리 사용되고 있다. 한편, 조용현(1997)은 독일의 라인란드-팔츠(Rheinland-Pfalz)의 수자원국에서 개발한 하천 구조 평가법을 이용한 바가 있으며, 이를 인용 또는 보완하거나 변형한 이상호(2000), 김동찬 등(2000), 박진원 등(2003), 박봉진 등(2003)의 연구가 있다. 이들은 하천의 물리적 특징을 주요 평가항목으로 하천 평가를 시도했다. 아울러, 박병철 등(2002)은 하천형태와 더불어 수질자료와 녹지자연도 자료를 평가항목 자료로 이용하고 GIS의 공간분석기능을 사용하여 하천의 자연도를 평가 하였다. 아울러 건교부(2002)의 경우 하천환경 조사항목으로 물리조사, 화학성, 생물상, 공간조사를 모두 포함한 조사방법을 제시한 바 있다.

앞서 언급한 대로 한국 하천의 하천별 고유 특성을 찾아보고 한국 하천을 평가하기 위한 한국에서의 실험에 필요한 GIS 평가 체계 개발을 시도할 때 우선 하천평가 기법을 채택하여야 한다. 앞서 여러 다른 연구사례를 거론하였지만, 본 연구에서는 LAWA (Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser, 물 관리 연구 독일 연방 법적공동체)(2000)의 '하천의 수문지형 물리적 구조' 등급법을 체계에 도입하였다. 국내 실무분야에서는 수문지형이란 용어를 생략하고 '하천의 물리적 구조'란 용어를 많이 쓴다. 지리학에서는 이 말을 수문지형이라 일컫는다. 이 LAWA의 '수문지형 물리적 구조 평가방법2)'은 앞서 소개한 독일 Rheinland-Pfalz(라인란드 팔츠)주의 수자원국에서 개발한 "물리적 구조 평가방법"을 독일 Nordrhein-Westfalen(노르트라인 베스트팔렌)주에서 더

욱 세분화 발전시킨 것이다. 이것은 2000년 12월 EU에서 법적 효용성을 갖춘 WRRL(유럽연합의 물관리 가이드라인, 영어로는 WFG(water framework guideline)로 번역 함)에 포함되어 현재는 EU 회원국들에서 사용되고 있다. 이는 하천이 가지는 환경을 총체적으로 의미하는 것으로, 예를 들면 유사이동에 따른 하상구조와 하상재료, 하안 구조, 인접한 홍수터 등이 이에 포함되는 요소들 이다. 이와 같은 하천이 가지는 환경요소를 평가척도로 이용하여 하천의 물리적 생태성을 평가하여 나타낸 것이 하천의 물리적 구조 등급이다. 즉 물리적 구조 등급이란 수문지형 하천구조와 이 하천 구조에 나타난 하천의 다이내믹한 프로세스의 생태적 질을 가리키는 하천평가 중 하나이며 그 평가척도는 "현재 잠재 자연하천"(the present-day potential natural state of water)이다. 이것은 어떤 임의의 하천 및 그 주변에 모든 인위적 교란(이용)이 정지되었다고 가정하였을 때의 이상적 하천상태(1등급 하천)를 말한다.(LAWA, 2000).

LAWA 평가방법을 유럽과 기후와 지형이 다른 국내의 하천에 적용하기에 적합할 것인지 우려가 있지만, 그럼에도 불구하고, 본 연구에서는 LAWA 평가 방법을 채택한 이론적 배경으로 김혜주(2004)와 한국건설기술연구원(2004, 2005)의 연구결과가 있다. 김혜주(2004)는 LAWA를 통해서 지침서 형태로 출간된 '물리적 구조 평가 방법'을 수정하지 않고 원안 그대로 사용하여 한국의 여러 하천을 평가 하였다. 그 결과 수정하지 않은 이 LAWA 평가 방법은 한국에서도 하천의 전반적인 자연도 및 생태성을 평가하는 일에 이용할 수 있다고 판단하였다. 김혜주(2004)는 이 방법이 생물과 수질에 대한 평가를 포함하지 않는다는 점과 국내 하천의 유형에 따라 일부 평가항목에 대한 조정이 필요하다는 한계성이 있지만, 한국의 생태하천복원 전문가들이 쉽게 사용할 수 있기 때문에, 이를 이용하여 한국의

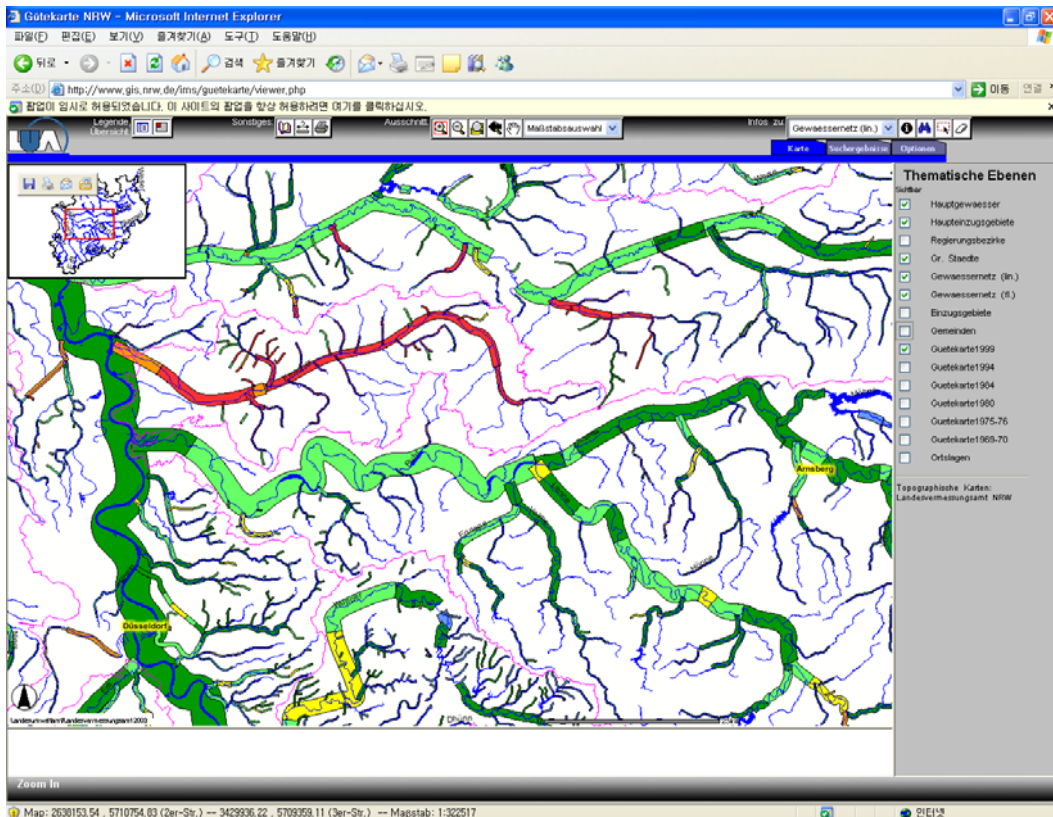


FIGURE 1. 독일에서의 하천의 물리적 구조 평가 결과 및 웹 서비스 화면 사례 (<http://www.gis.nrw.de>)

모든 하천에 생태적 등급을 결정하는 것이 하천관리나 계획 또는 보전에 매우 유용하다고 하였다. 한편, 한국건설기술연구원(2004, 2005)의 수질 및 생물상(식물 및 저서생물) 조사결과를 김혜주(2004)의 연구결과와 연계하여 대상하천의 물리적 구조 평가치와 서로 비교하여 보았을 때, 하천의 생태성 정도가 거의 모든 하천에서 일치하였다. 따라서 본 연구에서는 김혜주(2004)의 조사항목 26개 세부항목에 의한 하천의 물리적 생태성 평가가 가능하다고 전제하였고, LAWA(2000)에서 제시한 9개의 하천유형 평가척도를 이용한다면 하천별 물리적 특성도 파악될 것이며, 특히 조사하천을 서로 서로 비교하는 데에 큰 무리가 없을 것이라 사료되어 연구를 실행하였다.

본 연구의 내용은 LAWA(2000)의 물리적 구조 등급법에 따라 중·소규모 하천의 물리적 구조를 평가하고, 평가결과를 하천과 조사구간 별로 조회하거나 통계를 내며, 도면과 보고서로 작성하는 과정을 지원할 수 있는 GIS 기반의 평가 체계를 개발하는 것이다. 대상하천의 '현재 잠재 자연하천'(the present-day potential natural state of water) 즉 그 하천의 자연에서의 이상적 하천상태로서 도달해야 하는 이상적인 하천 모델상(1등급 하천 구조)을 결정하기 위해 조사 자료를 과학적으로 분석하는 GIS 도구를 개발하고자 한 것이다. 이러한 과학적 도구를 통한 분석 결과는 하천복원 계획 수립 단계에서부터 복원 후 관리단계에 이르기 까지 대상하천의 하천자연도 내지

TABLE 1. 중·소규모 하천의 물리적 구조 평가항목

구역	주 평가항목	기능성	세부항목
하상	1. 종적특성	사행	종적 사행 종적 사주 특이 종적구조 사행 침식
		움직임 정도	단면 깊이 하안 공법(하안보호공)
하상	2. 종단면	자연적 종단면의 형태	횡단 사주 파랑의 다양성 깊이의 다양성
		인위적 횡단구조물	횡단구조물 복개 BOX 물의 정체
하상	3. 하상구조	종류와 하상재료의 분포	하상재료의 유형 하상재료의 다양성 특이하상구조
		하상보호구조물	하상보호구조물
하안	4. 횡단면	횡단폭의 변화	횡단침식 횡단폭의 다양성
		횡단면의 타입	횡단면의 타입
하천변	5. 하안구조	공간 특유의 자연성	특유의 하안구조
		자연적인 특유의 식생대	하안식생대
하천변	6. 하천주변	하안보호공	하안보호공(하안공법)
		하안수립대 홍수터	하안수립대 토지이용, 기타 환경특성

생태성을 인지하는 일에도 크게 쓰일 것이다. 뿐만 아니라, 이러한 과학적이고 체계적인 현장조사 하천평가 도구는 토목공학, 수공학, 하천생태학, 환경지리학과 하천지형학 그리고 자연지리학 등 다양한 분야의 연구에 기여할 것이다.

## 평가 방법 및 체계 개발 방법

### 1. 하천의 물리적 구조 평가 방법

지리정보체계를 기반으로 하는 하천 현지조사 및 하천 평가 체계 개발 연구는 EU에서 채택한 LAWA(2000)의 야장과 조사방법을 사용하였고, 평가항목의 내용은 표1과 같다. 표 1

TABLE 2. 하천의 물리적 구조 등급 평가 부여 기준

구조등급/도면 표시색	의미	지수	EU-물관리 가이드라인 (WFG)(2000)에 의한 생태성 표현
1	자연 그대로	1.0-1.7	매우 양호
2	약간 변경시킴	1.8-2.6	(very good)
3	보통 변경시킴	2.7-3.5	양호(good)
4	변경한 것이 두드러짐	3.6-4.4	보통(fair)
5	크게 변경시킴	4.5-5.3	빈약(poor)
6	아주 크게 변경시킴	5.4-6.2	매우 빈약
7	모두 변경시킴	6.3-7.0	(very poor)

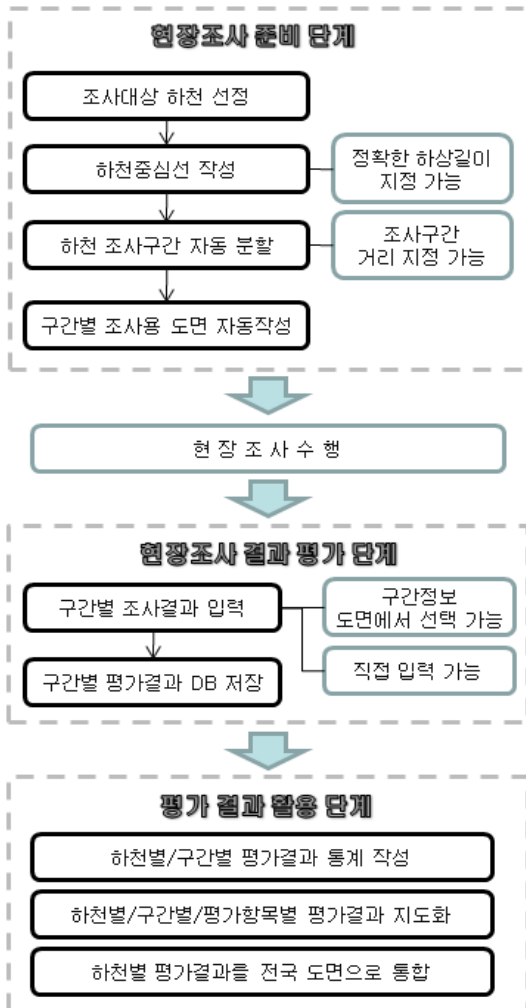


FIGURE 2. 체계를 이용한 업무흐름(평가과정)

에서 보는 것과 같이 이 조사방법은 중·소규모 하천의 물리적 구조를 평가하기 위해 6개의 주 평가항목과 26개의 세부 평가항목을 사용하고 있다. 평가과정에서는 각 항목에 지수(1~7)를 더한 후에 그 평균값을 계산하고, 지수의 값에 따라 등급을 결정하게 된다. 지수의 범위에 따른 구조등급의 부여 기준은 표2와 같다. 1~2등급은 자연성이 높은 구조를 의미하고, 3~7 등급은 인위성이 높은 구조를 의미한다. 세부 항목별 구체적인 판단 지침은 한국건설기술연구원(2006)에 잘 나타나 있다.

2. 체계의 설계 및 개발 방법

중·소규모 하천의 평가 과정은 크게 3단계로 구분하여, 각 단계를 지원할 수 있도록 체계를 설계하였다(그림 2). 1단계는 현장조사 자료의 준비 단계이다. 이 단계에서는 조사대상 하천을 조사구역 단위로 분할하고, 현장조사용 도면을 작성하는 일을 수행한다. 2단계는 조사결과의 평가 단계이다. 2단계에서는 현장 조사를 통해 수집된 조사결과를 EU LAWA(2000) 방법에 따라 계산을 수행하고, 조사구간별 평가결과를 도출하는 일을 수행한다. 아울러 2단계에서 평가결과와 조회 및 수정 업무를 수행하는데, 이것은 하천별, 조사구간별로 수행할 수 있도록 하였다. 3단계는 평가결과를 가지고 도면 및 보고서를 작성하는 평가결과의 활용 단계이다. 3단계에서는 데이터베이스에 구간별

로 입력한 평가결과를 이용하여 도면과 보고서를 작성하고, 통계를 내는 일을 수행한다. 아울러 각 하천의 최종평가결과들을 하나의 도면으로 수집하는 단계이기도 하다. 3단계는 본 연구의 발전 방향을 고려하는 것으로서, 한국의 모든 하천에 대한 조사가 점진적으로 이루어질 것을 고려하여 체계 설계에 반영하였다.

체계의 메뉴 구성은 그림 3처럼 설계하였다. 체계 구성 메뉴는 파일, 보기, 자료준비, 구조평가, 보고서 출력 등이다. 이 중 [자료준비] 메뉴는 현장조사에 앞서 필요한 도면 등을 준비하는데 필요한 기능으로 구성하였다. [자료준비] 메뉴에는 [하천 그리기], [하천 구간 분할], [하천 구간별 도면 작성] 등의 하위 메뉴가 있다. [하천 그리기]는 연구자가 조사대상 하천의 중심선 도면을 작성하는데 사용하며, 하천연장을 고려하여 작성할 수 있도록 도와준다. 본 연구에서는 우리가람 길라잡이(한국수자원공사, 2002)에 제시된 하천연장을 이용하여 하천별 총 조사거리를 결정하였다. 하천연장은 하천시작점이 분명하지 않기 때문에 하천시작점에 비해 상대적으로 판단하기 쉬운 하천중점으로부터의 거리로 작성하도록 하였

다. 조사대상 하천의 중심선 도면 작성 시 중심선 길이가 정확한 하천연장을 갖도록 작성하는 것은 매우 중요하다. 이는 GIS를 기반으로 하는 통계 및 공간분석에서의 거리 정확성과 직결되기 때문이다. [하천 구간 분할]은 연구자가 한 개의 조사구간에 대한 거리를 지정하면 하천중점으로부터 지정거리 간격으로 구간을 분할하고, 구간별 ID를 지정하여 도면으로 작성해 주는 기능이다. [하천 구간별 도면 작성 기능]은 분할된 구간별로 현장조사용 도면을 자동으로 작성해 주는 기능이다.

[구조평가] 메뉴의 하위 메뉴로서 평가자료 입력 및 조회 메뉴와 각 하천들에 대해 분석된 평가결과를 하나의 종합된 도면으로 모으는 전국 종합평가에 등록, 수정 메뉴가 있다. [보고서 출력] 메뉴는 평가결과를 활용하여 통계표 및 그래프를 작성하는 하위 메뉴들로 구성하였다.

체계는 MapObject 2.0 GIS Component와 Visual Basic 6.0 개발언어를 이용하여 만들었다. 이는 개발된 체계를 학술연구자에게 무상으로 배포하기 위함이다.

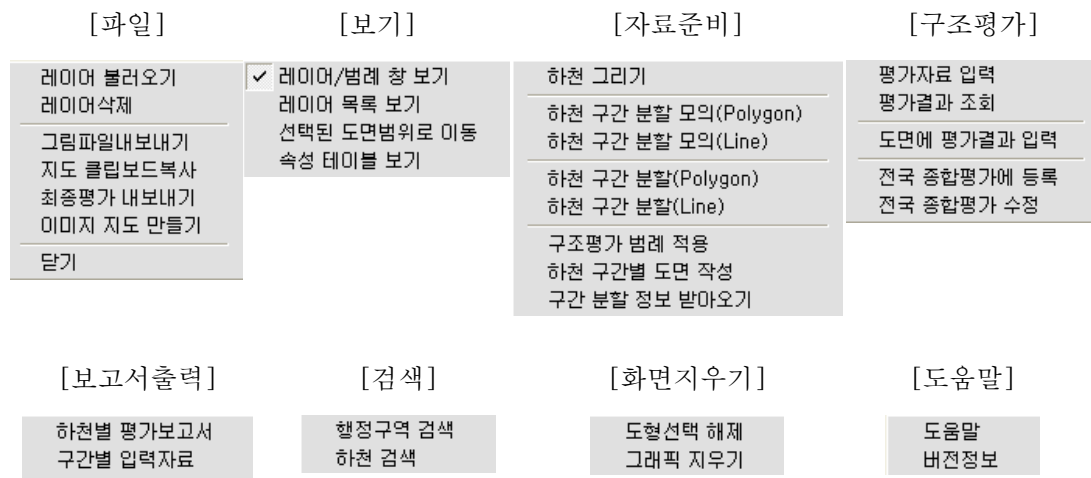


FIGURE 3. 체계의 메뉴 구성



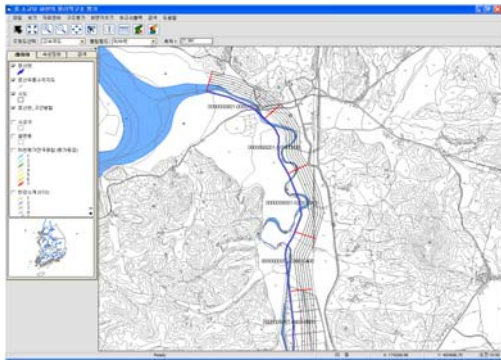


FIGURE 4. 하천의 구간분할

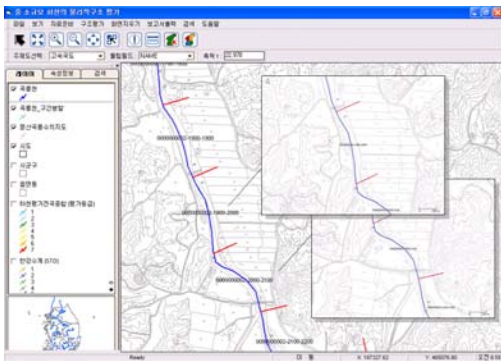


FIGURE 5. 구간별 도면 자동 생성

### 체계 구현 결과

#### 1. 현장조사 준비 단계에 대한 체계 구현 결과

현장조사 준비 단계에서는 대상하천의 조사 구간을 분할하고 구간별 조사도면을 작성하는 업무를 지원하도록 체계를 개발하였다. 일반적으로 하천의 물리적 구조 조사는 하천의 하류에서 상류방향으로, 1km 간격으로 수행되며, 1km 내에서는 다시 100m로 나누어 조사가 수행된다. 체계에서는 조사구간을 사용자가 지정한 길이로 하천의 구간을 분할하고, 하류로부터 거리에 따른 ID를 자동으로 부여할 수 있도록 하였다(그림 4). 그리고 구간별 도면을 자동으로 생성할 수 있도록 하여 구간분할 및 도면

작성이 손쉽게 이루어질 수 있도록 하였다(그림 5). 구간분할 정보는 사용자에게 엑셀 파일 형태로 제공된다. 사용자는 구간별 도면자료와 엑셀 파일 형태의 구간분할 정보를 출력하여 현장조사를 실시하게 된다.

#### 2. 현장조사 결과 평가단계에 대한 체계 구현 결과

##### 1) 조사결과의 입력 및 평가 단계

2단계인 현장조사 결과 평가단계 중, 첫 번째인 조사결과의 입력 및 평가 단계에서는 현장 조사된 결과를 EU LAW (2000)에서 정한 방식에 따라서 연산하여 구간 및 하천별 평가를 수행할 수 있도록 체계를 개발하였다(그림 6~13). 체계에서는 사용자가 야장과 동일한 GUI(graphic user interface)에서 각 항목의 조사결과를 입력할 수 있도록 개발하였다. 입력된 결과는 연산이 수행되어 7개 구조 등급에 따른 평가결과로 제시된다. 기존에는 조사자가 조사결과를 지수로 환산하여 엑셀에 직접 입력하고, 연산식을 작성하여 평가를 수행하는 것이 일반적이었다. 이런 과정에서 지수를 잘못 입력하거나 연산식을 잘못 입력하는 경우가 종종 있었다. 하지만 연구결과에서는 GUI를 통한 입력을 지원함으로써 하천평가가 신속·정확하게 이루어질 수 있도록 하였다.



FIGURE 6. 종적특성 조사결과의 입력 및 평가





FIGURE 7. 종단면 조사결과와의 입력 및 평가



FIGURE 11. 하천변(토지이용) 조사결과와의 입력 및 평가



FIGURE 8. 횡단면 조사결과와의 입력 및 평가



FIGURE 12. 사진 및 코멘트 입력



FIGURE 9. 하상구조 조사결과와의 입력 및 평가



FIGURE 13. 기능적 종합평가 입력



FIGURE 10. 하안구조 조사결과와의 입력 및 평가

## 2) 평가결과와의 조회 및 수정

2단계인 현장조사 결과 평가단계 중, 두 번째인 평가결과와의 조회 및 수정 단계에서는 하천별, 조사구간별 평가결과를 조회하고 그 내용을 수정할 수 있도록 체계를 개발하였다. 하천 및 조사구간별 평가결과는 조사결과 전체를 조회한 후 보고서 하는 구간을 선택하여 볼 수도 있으며, 지도상에서 원하는 하천 및 구간을 선택하여정보를 조회할 수도 있다.

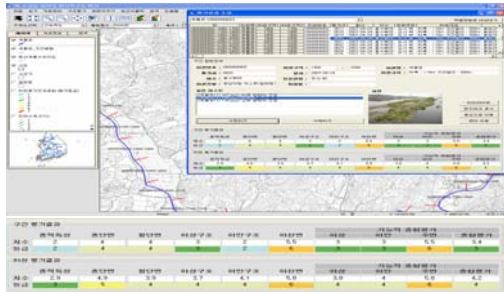


FIGURE 14. 구간 및 하천별 평가결과 조회

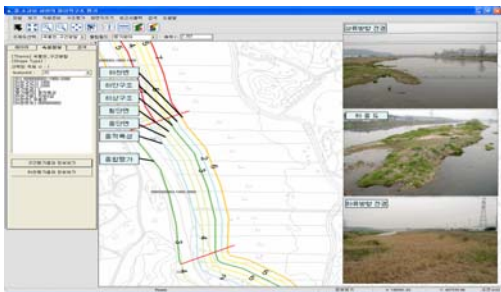


FIGURE 15. 평가결과 도면 작성

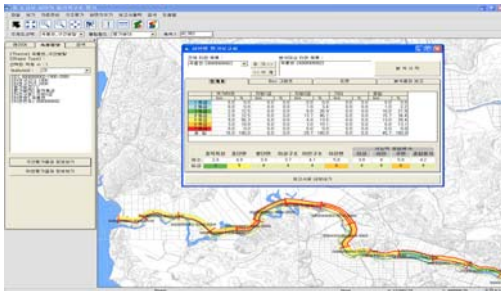


FIGURE 16. 하천별 평가결과 보고서 작성

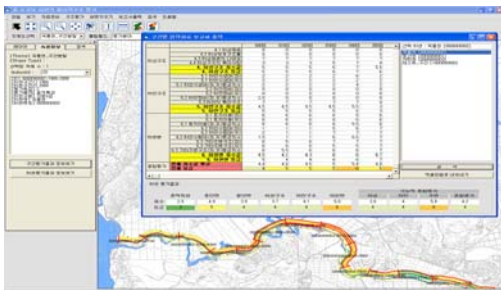


FIGURE 17. 구간별 평가결과 보고서 작성

### 3. 평가결과 활용단계에 대한 체계 구현 결과

#### 1) 통계와 도면 및 보고서 작성

이 단계에서는 평가된 결과를 도면으로 작성하고, 통계분석 및 그래프를 작성할 수 있도록 체계를 개발하였다.

평가결과 도면은 6개의 주 평가항목에 대한 평가결과와 이를 종합한 종합평가의 결과를 도면으로 작성한 것이다(그림 15). 본 체계는 하천별 통계를 작성하고, 이를 보고서로 작성할 수 있도록 개발하였다(그림 16, 17). 작성된 보고서는 엑셀 파일로 저장할 수 있다.

#### 2) 전국평가 등록

3단계 평가결과 활용 단계 중 마지막인 전국평가 등록 단계에서는 각 하천의 종합평가를 하나의 도면으로 취합하는 기능을 개발하였다. 어느 한 개의 하천에 대한 평가결과는 한 개의 도면으로 생성되며, 이 도면 위에 6개의 주 평가항목에 대한 평가결과와 이를 종합한 종합평가의 결과를 선 또는 면의 형태로 표현한다. 전국평가에 등록이란 낱장으로 만들어진 하천별 평가 결과 도면에서 하천에 대한 구간별 최종평가만을 뽑아내서 “평가결과 전국종합”이라는 한 장의 도면으로 모아 놓는 기능이다. 지속적인 하천 조사를 자료가 축적되면, 한반도 하천의 물리적 구조를 한눈에 살펴 볼 수 있으며, 이는 본 연구의 주요 기대효과가 될 것이다(그림 18).

### 문산천과 곡릉천에의 체계 적용 결과

#### 1. 문산천과 곡릉천의 하천 물리적 구조 평가 결과

본 연구에서 개발한 체계를 활용하여 국내 12개 하천을 평가하였으며 그 중 문산천과 곡릉천에 대한 평가결과는 다음과 같다. 문산천의 경우 하천 전체의 물리적 구조 등급은 4등급으로 EU-WFG의 생태성(이하 생태성)이

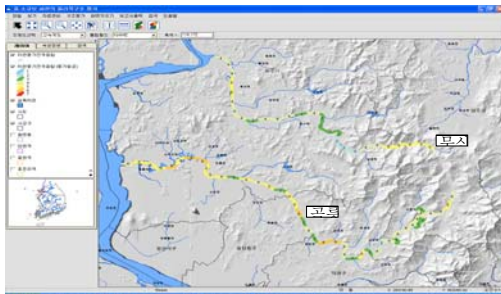


FIGURE 18. 평가결과의 전국 종합



FIGURE 19. 문산천 최상류로부터 3번째 구간 상류방향으로의 전경



FIGURE 20. 문산천 최상류로부터 5번째 구간 하류방향으로의 좌안 전경

‘보통’인 것으로 조사되었다(표 3).

그림 18에서 구간별 종합평가에 대한 결과를 살펴보면, 최상류로부터 5번째 구간까지의 (5km) 물리적 구조 등급이 5등급으로 하천의 물리적 구조가 크게 변경되어 생태성이 ‘결여’된 것으로 나타났다. 그 이후 구간들에서는 생태성이 매우 양호한 2등급 구간이 3개 구간(3km)에서 나타나며, 생태성이 양호한 3등급 구간도 6개 구간(6km)에서 나타나고 있다. 그리고 대부분의 구간에서는 생태성이 ‘보통’인 4등급이 나타나고 있다. 생태성이 ‘매우 양호’한 2등급 구간과 ‘양호’한 3등급 구간은 문산천의 중상류(전체 28개 구간 중 최상류로부터 8~14번째 구간) 지역에서 집중적으로 나타나고 있다. 문산천에서는 생태성이 ‘결여’된 5등급 구간이 상류부에 많이 나타나고 있다. 총 7개의 5등급 구간 중 5구간이 상류부에서 나타나고 있는데, 이 구간들은 하천변이 정비되어 하안 식생대가 없으며 시멘트로 만들어진 축대가 있어 하안 구조와 하천변(토지이용)에서 낮은 등급을 받았다(그림 18, 19, 20). 이는 곡릉천의 5등급이 나타나는 구간들의 양상과는 다른 것이다. 곡릉천에서는 종단면, 하상구조, 하안 구조, 하천변(토지이용)의 평가와 관련되어 5등급 이하 구간이 하천의 중하류 지역에서 주로 나타나고 있다(그림 18, 21, 22).

곡릉천 역시 문산천과 동일하게 하천 전체의 물리적 구조 등급은 4등급으로 생태성이 ‘보통’인 것으로 조사되었다(표 3). 하지만 구간별 종합평가 결과에서는 차이를 나타내고 있다. 구간별 종합평가에 대한 결과를 살펴보면,

TABLE 3. 곡릉천과 문산천의 하천의 물리적 구조 종합평가 결과

하천명	구분	종적 특성	종단면	횡단면	하상 구조	하안 구조	하천변	기능적 종합평가			종합 평가
								하상	하안	주변	
문산천	지수	2.6	4.5	3.9	3.3	3.7	5.3	3.5	3.8	5.3	3.9
	등급	2	5	4	3	4	5	3	4	5	4
곡릉천	지수	2.9	4.9	3.9	3.7	4.1	5.8	3.8	4	5.8	4.2
	등급	3	5	4	4	4	6	4	4	6	4





FIGURE 21. 곡릉천 최상류로부터 2번째 구간 상류방향으로의 전경



FIGURE 22. 곡릉천 최하류로부터 5번째 구간 상류방향으로의 전경



FIGURE 23. 곡릉천의 직강화 이전(2002년 수치지도)과 직강화 이후(2007년 구글어스 영상)의 모습

TABLE 4. 문산천의 하천의 물리적 구조 등급별 분포 현황

구조 등급	국가하천		지방2급		종합	
	km	%	km	%	km	%
1 등급						
2 등급			2.0	12.4	2.0	7.2
3 등급	1.0	8.6	6.0	37.2	7.0	25.2
4 등급	6.6	56.9	4.0	24.8	10.6	38.1
5 등급	4.0	34.5	4.2	26.0	8.2	29.5
6 등급						
7 등급						
총 합	11.6	100.0	16.2	100.0	27.8	100.0

상류부는 물리적 구조 등급이 3~4등급으로 생태성이 '양호~보통'인 구간이 많은 부분을 차지하고 있으며, 5등급 구간과 2등급 구간도 보이고 있다. 중류부에서는 생태성이 '불량'한 6등급 구간이 3개 구간에서 나타나고 있다. 하류부에서는 생태성이 '결여'된 5등급 구간과 '불량'한 6등급 구간이 주로 나타나고 있다.

이는 하천의 직강화와 관련되어, 종단면 하상구조, 하안구조, 하천변(토지이용)의 평가결과가 좋지 않았기 때문이다. 곡릉천 직강화 이전과 이후의 하도모습은 그림 23에서 확인할 수 있다. 그림 23에서 위성영상은 구글어스 제공 2007년 영상으로서 직강화 이후의 곡릉천 하도모습을 보이고 있고, 사행하며 흐르는 곡

TABLE 5. 곡릉천의 하천의 물리적 구조 등급별 분포 현황

구조 등급	국가하천		지방2급		종합	
	km	%	km	%	km	%
1 등급						
2 등급			2.0	6.9	2.0	4.4
3 등급	1.1	6.5	8.0	27.6	9.1	21.9
4 등급	3.0	18.7	12.0	41.3	15.0	33.2
5 등급	9.0	56.1	5.0	17.3	14.0	31.1
6 등급	3.0	18.7	2.0	6.9	5.0	11.1
7 등급						
총 합	16.1	100.0	29.0	100.0	45.0	100.0

릉천은 우리가람 길라잡이(한국수자원공사, 2002)에 실린 직강화 이전의 하도모습이다.

문산천과 곡릉천이 모두 물리적 구조의 종합평가에서는 4등급으로 생태성이 '보통'인 것으로 나타났다. 하지만 등급별 분포 비율을 살펴보면, 문산천보다 곡릉천의 생태성이 좋지 않은 것을 알 수 있다. 문산천은 5등급 구간이 전체 하천구간의 29.5%(표 4)인 반면에 곡릉천은 5등급 이하 구간이 42.2%(표 5)에 이른다. 두 하천 모두 1등급 구간은 나타나지 않았다.

## 2. 체계 적용 결과에 따른 도구적 효용성

본 하천의 수문지형 물리적 구조 평가 체계의 적용결과에 따른 도구적 효용성을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 하천의 물리적 구조 평가 과정은 본 체계 개발 이전에는 이미지 편집, 통계 및 차트 작성 등 여러 소프트웨어를 사용하는 보다 번잡한 과정이었다. 하지만 본 연구에서 개발한 체계를 활용한 결과 현장 조사 이외의 모든 과정을 본 체계 하나만 이용하여 진행할 수 있었다. 따라서, 평가 전반에 소요되는 시간과 인력이 절약된다. 뿐만 아니라, 본 체계를 GIS를 기반으로 개발함으로써 각 하천에 대한 구간별, 평가항목별 평가결과가 원하는 스케일에 따라 시각화하여 제공할 수 있게 되었다. 이것은 연구자들이 평가의 결과를 거시적 관점과 미시적 관점에서 이해함에 큰 도움을 준다. 연구자가 거시적 관점에서

하천 간의 평가결과에 대한 차이와 하천 내 구간 간의 차이를 이해하고, 이를 다른 지리정보들과 연관하여 사고하는데 도움을 줄 수 있게 되었다. 또한 미시적인 관점에서 각 구간에 대한 평가항목별 평가결과를 조회하고, 구간별 전경과 설명을 제공함으로써 구간별 평가에 대해 쉽고 빠르게 이해할 수 있게 되었다.

## 3. 체계 적용 결과에 의한 연구개발 기대효과

본 체계를 개발하여 문산천과 곡릉천의 하천 물리구조 평가에 실제 적용해 보고 정리한 연구개발 기대효과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 본 체계에 저장되는 DB자료는 하천의 물리적 구조 현황을 파악하고 이를 도면으로 작성하고 정리하며, 대상하천의 발전 및 향상을 위한 계획수립과 관리에 직접 활용할 수 있다.
- 2) 본 체계를 통한 표준화된 절차와 방법에 따라 객관적이고 정량적으로 평가대상 하천의 물리적 구조평가를 수행하고, 하천의 생태성을 인지하는데 도움을 줄 수 있다.
- 3) 본 체계의 전국 하천 평가결과 집성과 조회 능력은 하천의 물리적 구조의 관리 및 보전 목표의 설정에 활용할 수 있다.
- 4) 본 체계의 성과는 기 계획된 하천공사, 하천관리 등에 대한 평가에 활용할 수 있다.
- 5) 본 체계는 기 실시된 하천공사와 복원공

사의 효과를 검증하는데 이용할 수 있다.

- 6) 본 체계는 GIS 기반으로 개발되었기에 사용자는 하천에 대한 구간별 평가와 항목별 평가결과를 원하는 축척에 따라 시각화하여 제공받을 수 있다. 이로써 향후 전국 평가 등록 결과가 나올 때, 한국 모든 하천의 물리적 구조를 한 눈에 살펴볼 수 있을 것이다.

## 결 론

한국에서는 하천 복원 및 관리 현업을 위해서 필요한 하천평가기법이 명확히 설정되어 법적 기준으로 제시되어 있지 않은 상태이다. 이에 따라, 하천복원의 목표가 불분명하고, 지역의 생태성에 대한 고려함이 부족한 채 하천복원이 조정 측면 위주로 이루어지고 있다. 따라서 한국에서도 하천복원 및 관리 관련 전문가들이 하천의 자연도 및 생태성 평가를 수행하는 평가방법의 법적인 제시와 더불어 이를 손쉽게 수행할 수 있는 표준화된 기법 그리고 이 기준과 기법을 수용한 도구의 개발이 필요하고, 이를 국가적 차원에서 법률적으로 강제할 필요성이 절실한 형편이다.

본 연구는 이러한 수요를 충족시키기 위하여 수행하였다. 자연지리학과 하천복원 및 관리 분야 종사자들이 하천지형을 연구하거나 하천복원 계획 수립과 관리의 단계에서 대상 하천의 하천자연도 내지 생태성을 인지하고 분석 평가하는데 도움을 주고자 한 것이다. 연구의 결과로서 GIS를 기반으로 한 중·소규모 하천의 물리적 구조를 평가하기 위한 사전 준비 단계, 현지조사와 평가 단계, 평가 결과를 이용한 도면 및 보고서 작성 단계 등의 업무를 수행하는 체계가 개발되었다. ‘현재 잠재 자연 하천’이란 ‘이상적 하천모델’에 기준한 EU의 LAWA(2000) 평가방법이 본 평가 체계에 도입되었다. 이 평가법을 유럽과 기후와 지형이 다른 국내의 하천에 적용하기에 적합할

것인지에 대한 우려가 있을 수 있지만, 본 연구에서 LAWA(2000)의 평가 방법을 채택한 것은 김혜주(2004)와 한국건설기술연구원(2004, 2005)의 연구결과가 있었기 때문이었다. 이 평가도구는 한국 경기 북부지역의 곡릉천과 문산천 적용 실험에서 성과를 나타내었다.

현재 Stand-Alone인 본 체계가 향후 서버-클라이언트 환경 및 GPS와 PDA를 이용하는 현장조사 체계로서 구현된다면 실시간적 현장조사 및 평가업무도 가능할 것이다. 이러한 과학적이고 체계적인 현장조사 하천평가 도구는 토목공학, 하천생태학, 하천지형학 그리고 자연지리학 등 다양한 분야의 체계적이고 과학적인 연구에 기여할 것이다.

## 註

- 1) 중·소규모 하천이란, 한국에서는 일반적으로 강(江)으로 부르는 대규모 하천을 제외한 나머지 하천을 의미한다고 할 수 있다. LAWA(2000)에 의하면 유역면적이 1,000 km<sup>2</sup> 이하인 하천이 이에 해당한다.
- 2) 이하 본 논문에서는 ‘하천의 수문지형 물리적 구조’란 용어를 국내 실무에 맞추어 ‘하천의 물리적 구조’로 표현 한다.
- 3) 이에 따라 문산천은 국가하천의 하천연장이 11.60km, 지방2급하천의 하천연장이 16.15km를 갖도록 작성하였고, 곡릉천은 국가하천이 16.05km, 지방2급하천이 28.95km를 갖도록 작성하였다. **KAGIS**

## 참고 문헌

- 건교부(2002). 수변조사 및 모니터링 매뉴얼.1-364쪽.
- 김동찬, 박익수. 1999. 생태환경복원을 위한 하천 자연도 평가기준에 관한 연구. 한국정원학회지 17(3):123-134.
- 김동찬, 이정, 박익수. 2000. 자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가. 한국조경학회 27(5): 138-149.

- 김세천, 노재현. 2001. 하천자연성 평가를 반영한 경관생태분석에 관한 연구-만경강 자연하천을 중심으로-. 한국임학회 학술대회 1(1): 161-163.
- 김혜주. 2004. 자연형 하천 계획·설계. 태림문화사. 1-347쪽.
- 박병철, 신영철, 서애숙. 2002. GIS를 이용한 하천의 자연성 평가-청주시 무심천 지역을 중심으로-. 한국지리정보학회지 5(1): 48-57.
- 박봉진, 성영두, 강태호. 2003. 우리나라의 하천특성을 고려한 하천 자연도평가의 제안. 한국수자원학회지 36(6): 92-103.
- 박종관. 2005. 유역지형학적 관점에서 본 영국의 하천 복원 관리 기법. 한국지형학회지 12(1): 151-166.
- 박지원, 마호섭. 2003. 양재천의 식생현황과 하천 자연도 평가. 농업생명과학연구원 37(2) :57-70.
- 이상호. 2000. 안양천의 자연형 하천 설치구간 선정을 위한 하천평가 기법적용에 관한 연구. 산업과학연구 9:90-103.
- 조용현. 1997. 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발. 서울대 박사학위 논문. 1-18쪽.
- 한국건설기술연구원(2004). 다기능 하천 실험 사업. 196~256쪽.
- 한국건설기술연구원(2005). 다기능 하천 실험 사업. 103~176쪽.
- 한국건설기술연구원(2006). 다기능 하천 실험 사업. 130~165쪽.
- 한국수자원공사. 2002. 우리가람 길라잡이. 26쪽.
- Braukmann, U. 1987. Zoozoenologische und Saprobologische Beitrage zu einer Allgemeinen Regionalen Bachtypologie. Erg. Limnol. 26. Schweizerbart, Stuttgart. pp.1-355.
- Chester Country Water Resources Authority, Borton-Lawson Engineering, Skelly & Loy Engineers-Consultants. 2004. Valley creek watershed technical compendium.
- Friedrich, G. and J. (Hrsg.). Lacombe. 1992. Oekologische Bewertung von Fliessgewaessern. Limnologie aktuell 3. Stuttgart, New York. pp.1-462.
- LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser), 2000. Gewaesserstrukturguetekartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin. pp.1-145.
- LOELF(Landesanstalt f. Oekologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW, Landesamt f. Wasser und Abfall NRW) (Hrsg.). 1985: Bewertung des oekologischen Zustandes von Fliessgewaessern Teil I: Bewertungsverfahren. Teil II: Grundlagen f. das Bewertungsverfahren. Dusseldorf. Recklinghausen. pp.1-65.
- Otto, A & Braukmann. U. 1983. Gewaessertypologie im laendlichen Raum. Schriftenreihe des Bundesministers f. Ernaehrung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft. H. 288. Muenster. pp.1-61.
- Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural river system. Catena. 22. pp169-199.
- Pottgiesser, T. and H. Sommerhaeuser. 2004. Die Steckbriefe der deutschen Fliessgewaesser typen.
- URL :<http://www.gis.nrw.de/ims/guetekarte/viewer.php> 