

Odpady budowlane i rozbiórkowe: szczególne warunki powtórnego wykorzystania w Europie Północno-Zachodniej

Construction and Demolition Wastes: specific conditions for recycling in North West Europe

Simon Delvoie¹, Luc Courard^{1*}, Julien Hubert¹, Zengfeng Zhao¹, Frédéric Michel¹

¹Building Materials, Urban and Environmental Engineering, University of Liège, Belgium

*Corresponding author: Luc Courard, Prof. Dr. Ir.
Allée de la Découverte, 9 – 4000 Liege, Belgium
Phone : + 32.4.366.93.50
e-mail : Luc.Courard@uliege.be

Streszczenie

Odpady budowlane i rozbiórkowe [OBR] szacuje się na jedną trzecią wszystkich odpadów wytwarzanych w Unii Europejskiej, a objętościowo jest ich najwięcej. Materiały obojętne: beton, cegły, płytki i ceramika, stanowią największą część odpadów budowlanych i rozbiórkowych. Odpady te można wykorzystać jako surowce wtórne do produkcji piasku i kruszyw. Rynek takich piasków i kruszyw jest jednak złożony i zależny od wielu czynników. Ulega on licznym zmianom w zależności od regionu, nawet w tym samym kraju. Na potrzeby tego artykułu, w pięciu krajach Europy północno-zachodniej: Belgii, Francji, Niemczech, Luksemburga i Holandii przeprowadzono ilościową analizę wytwarzanych odpadów, w której wzięto pod uwagę następujące czynniki: ilość wytwarzanych odpadów w tym rozbiórkowych, produkcję piasków i kruszyw z recyklingu oraz produkcję piasków i kruszyw naturalnych. Ponieważ rynek produktów z recyklingu wiąże się również z kosztami transportu – głównie transportu drogowego, to w analizie uwzględniono również dane dotyczące rozmieszczenia zakładów przetwarzania odpadów budowlanych i rozbiórkowych, ilości kamieniołomów wydobywających surowce naturalne, położenia składowisk oraz opłaty za składowanie. Analiza obejmuje również przepisy i wymagania krajowe lub regionalne. Na podstawie zebranych danych stwierdzono, że rynek piasków i kruszyw z recyklingu jest bardziej rozwinięty w Holandii i w regionie flamandzkim niż w innych badanych regionach.

Słowa kluczowe: Recykling, Odpady budowlane i rozbiórkowe, Rynek, Ustawodawstwo, Kamieniołomy, Transport, Składowanie, Kruszywo

Summary

The Construction and Demolition Wastes [C&DW] are estimated at one-third of the total wastes generated in the European Union and represent the main flux in volume. Inert materials, e.g. concrete, bricks, tiles and ceramics constitute the largest fraction of construction and demolition wastes. These wastes can be recovered as secondary raw materials after a recycling process, resulting in the production of recycled sands and aggregates. The market for recycled sands and aggregates is, however, complex and sensitive. It can be affected by many parameters and may be very variable from one region to another, even in the same country. A quantitative analysis of the market is carried out in five North West European countries: Belgium, France, Germany, Luxembourg, and the Netherlands. For achieving this analysis, attention is paid to the following data/parameters: generation of inert construction and demolition wastes, production of recycled sands and aggregates and production of natural sands and aggregates. Since the market of recycled products is also governed by transportation costs, mainly transported by road, the study has also compiled data on the density of recycling plants for construction and demolition wastes, the density of pits and quarries extracting natural materials, the density of inert landfills and taxes applied for C&DW landfilling. National/regional legislation and requirements are also included in the analysis. Based on the compiled data and objective reasons, it is observed that the market of recycled sands and aggregates is more developed and more suitable in the Netherlands and in Flanders [North of Belgium] than in the other investigated countries/regions.

Keywords: Recycling, Construction and demolition waste, Market, Legislation, Quarry, Transportation, Landfill, Aggregate

1. Wprowadzenie

W 2014 roku kraje Unii Europejskiej [UE] we wszystkich obszarach działalności gospodarczej i w gospodarstwach domowych wyprodukowały ogółem 2503 mln ton [Mt] odpadów (1). Odpady przemysłu budowlanego stanowią jedną trzecią wszystkich odpadów powstających w UE. Odpady budowlane i rozbiórkowe [OBR] to około 850 Mt, wytwarzanych każdego roku przez 28 krajów UE, lub 1,7 ton produkowanych rocznie w przeliczeniu na jednego mieszkańca UE. Z drugiej strony w 2012 roku roczne zapotrzebowanie na kruszywa w Europie [UE + EFTA= European Free Trade Association, Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu] szacowano na 2600 do 2700 Mt, a od tego czasu zapotrzebowanie stale wzrasta [rysunek 1]. W 2016 r. produkcja kruszyw w UE i krajach EFTA wyniosła 2,73 mld ton (2). Wskazuje to na wzrost o 2,6% w 2016 roku, w porównaniu z rokiem 2015. Zapotrzebowanie krajów europejskich na kruszywa stanowi około 10% zapotrzebowania globalnego (3).

Zgodnie z dyrektywą europejską 2008/98/WE (4) w sprawie zagospodarowania odpadów, państwa członkowskie zobowiązane są do podjęcia niezbędnych środków, aby do roku 2020 co najmniej 70% [masowo] gruzu i innych odpadów budowlanych, figurujących pod nr 17 05 04 w wykazie odpadów, zostało przetworzone do ponownego użycia. Obejmuje to również gruz do zasypywania szybów kopalń lub poddanego obróbce mającej na celu odzyskanie innych surowców, oszczędzając zasoby naturalne.

Odnosząc się do dyrektywy europejskiej 2008/98/WE, większość krajów Europy Północnej ten cel już osiągnęła. Na rysunku 2 pokazano źródła pozyskiwania kruszyw przez kraje UE w 2016 r. Kruszywa z ORB wykorzystywane są głównie do zasypywania kopalń. Oczywiście jest jednak, że ilość kruszyw z recyklingu jest ograniczona. Mała ilość piasków i kruszyw pochodzących z recyklingu [PKR], tablica 1, wyraźnie wskazuje na potrzebę prowadzenia badań w krajach Europy północnej w celu poprawy właściwości PKR oraz procesów ich odzyskiwania (5).

Tablica 1 / Table 1

SZACOWANA CAŁKOWITA PRODUKCJA PIASKÓW I KRUSZYW Z RECYKLINGU (3)

ESTIMATION OF TOTAL AND RECYCLED SANDS AND AGGREGATES PRODUCTION (3)

Kraje Countries	Produkcja całkowita, mln ton Total production, millions of tons	Piaski i kruszywa z recyklingu, mln ton Recycled sands and aggregates [RS&A] production, millions of tons	Udział kruszyw z recyklingu w całkowitej produkcji kruszyw, % Percentage of RS&A vs total production, %
Belgia / Belgium	81	15	18.5
Francja / France	323	20	6.2
Niemcy / Germany	545	68	12.5
Irlandia / Ireland	28	0	0
Luksemburg / Luxembourg	4	0	0
Holandia / Netherlands	80	18	22.5
Wielka Brytania / U.K.	248	52	9.5
Szwajcaria / Switzerland	49	5	10.2
EU28	2524	196	7.8

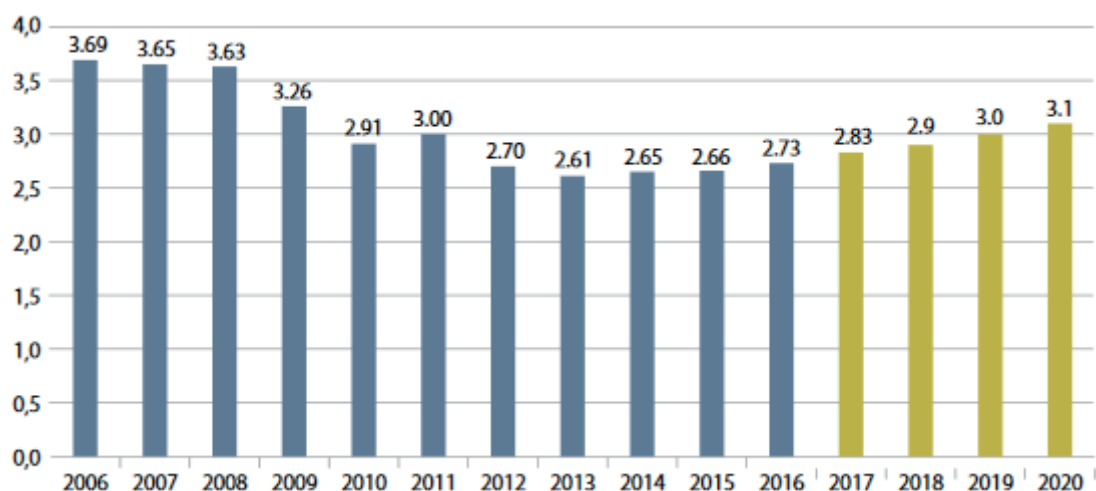
1. Introduction

In 2014, the EU-28 countries produced a total amount of 2,503 million tons [Mt] of wastes by all economic activities and households (1). The construction industry accounts for one third of all the generated wastes and consists of one of the heaviest and most voluminous waste streams in the EU. Construction and demolition wastes [C&DW] represent an amount of about 850 Mt generated every year by the EU-28 or 1.7 tons produced per year and per EU inhabitant. On the other side, the annual European demand [EU-28+EFTA] in aggregates has amounted between 2,600 and 2,700 Mt since 2012 [Fig. 1]. In 2016, the production of aggregates in the EU28 plus EFTA countries was 2.73 billion tonnes (2). This indicates an increase of 2.6% in 2016 compared to 2015, continuing the very modest growth trend since the post-crisis trough of 2013. The European demand represents about 10% of the global demand in aggregates (3).

According to the Waste Framework Directive 2008/98/EC (4), member states shall take the necessary measures to achieve by 2020 that a minimum of 70% by mass of non-hazardous C&DW excluding unpolluted naturally occurring material [17 05 04 in the List of Wastes] shall be prepared for re-use, recycled or undergo other material recovery, including backfilling operations using waste to substitute other materials.

Referring to the European Waste Framework Directive 2008/98/EC, most of the NWE countries have already reached the European objective. Fig. 2 shows the origin of the aggregates for the EU27 countries in 2016. The main application for the re-use of C&DW is backfilling. However, it is clear that the portion of recycled C&DW is limited. The low percentages of recycled sands and aggregates [RS&A] in Table 1 clearly indicate a need for R&D in the NWE countries in order to improve RS&A properties and optimize recycling processes (5).

The market of recycled sands and aggregates needs to be healthful at the country scale to foster member states to reach the EU



Rys. 1. Produkcja kruszyw w UE + EFTA, w miliardach ton (3).

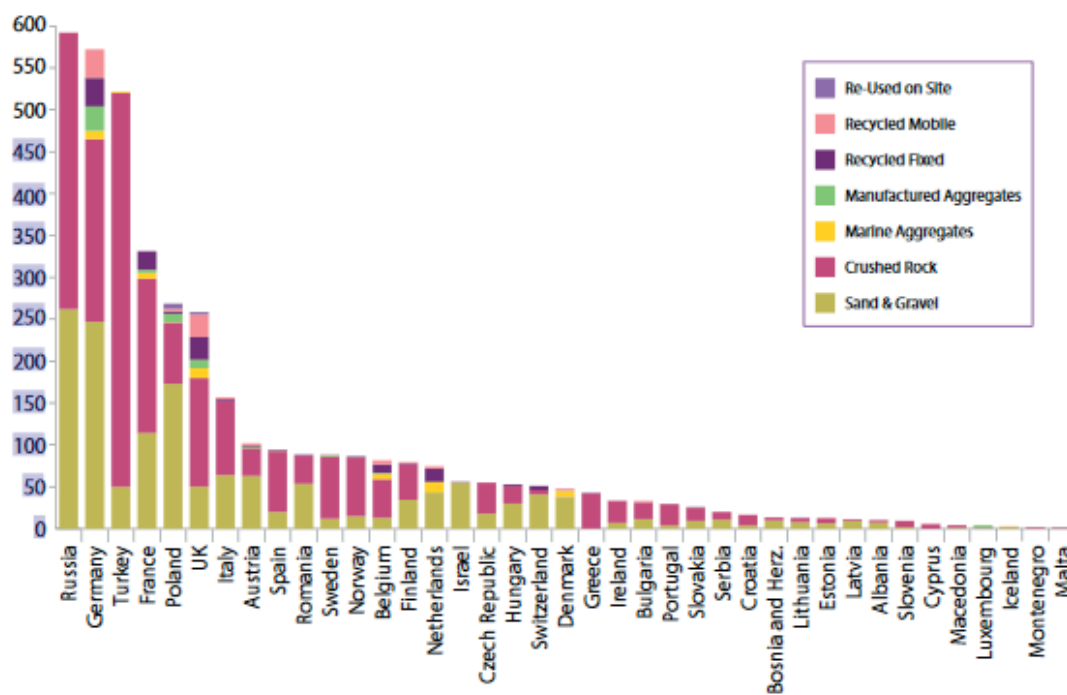
Fig. 1. Trend in total EU + EFTA Tonnages in billion tonnes (3).

Rynek piasków i kruszyw z recyklingu musi być korzystny dla danego kraju, aby zachęcić państwa członkowskie do osiągnięcia celów UE. Najważniejsze czynniki, które mogą przyspieszyć rozwój recyklingu ORB to: proekologiczne zamówienia publiczne, opłaty za składowanie ORB, opodatkowanie naturalnych piasków i kruszyw, koszt naturalnych piasków i kruszyw, certyfikacja jakości piasków i kruszyw z recyklingu, większa świadomość społeczeństwa i akceptacja konsumentów, niewielka odległość od zakładów recyklingu ORB (6,7).

Opracowanie koncentruje się na trzech kluczowych czynnikach wpływających na rynek materiałów pochodzących z recyklingu: składowaniu obojętnych odpadów ORB, obostrzeniami dotyczącymi surowców pierwotnych oraz dostępności zakładów recyklingu

target. The most cited drivers that can boost C&DW recycling are Green Public Procurement, taxation on C&DW landfilling, taxation on natural sands and aggregates, availability on cost of natural sands and aggregates, quality certification of recycled sands and aggregates, better public perception and increased consumer acceptance, low distance of C&DW recycling plants, e.g. (6, 7).

This study focuses on three main key parameters that influence the market of recycled materials: the landfill of inert C&DW, the challenge with primary raw materials and the availability of inert C&DW recycling plants. The market context is investigated in five NW European countries [Belgium, France, Germany, Luxembourg, and the Netherlands] towards a quantitative analysis of the generation of C&DW, the production of natural and recycled sands and



Rys. 2. Produkcja kruszyw w Europie w 2016 roku w milionach ton (3)

Fig. 2. 2016 aggregates production in Europe in millions of tons by country and type (3)

Tablica 2

DANE ILOŚCIOWE DOTYCZĄCE RYNKU PIASKÓW I KRUSZYW NATURALNYCH I Z RECYKLINGU W PÓŁNOCNO-ZACHODNIH KRAJACH EUROPEJSKICH. SKRÓTY: C&DW = ODPADY Z BUDOWY I ROZBIÓRKI; CBTC = BETON-CEGLY-PŁYTKI-CERAMIKA; N/A = NIE DOTYCZY; RA = KRUSZYWO Z RECYKLINGU; RS = PIASEK Z RECYKLINGU; ZMODYFIKOWANE Z (14).

Rodzaje piasków i kruszyw	Belgia				Francja	Niemcy	Luksemburg	Niderlandy	
	Flandria	Wallonia	Bruksela	Belgia					
Ilość obojętnych OBR bez ziemi, piasku i kruszyw, Mt/rok	Ilość obojętnych OBR bez ziemi, piasku i kruszyw, Mt/rok	15	5-7	0.5	~22	64	83.5	0.5-0.6	23.2
	Produkcja odpadów	2.3	0.4	~1.9	1.0	0.9-1.0	0.9-1.0	1.4	
	Ilość obojętnych OBR bez ziemi, piasku i kruszyw, Mt/osobę	12.6	0.4	17.1-18.7	~38	54.6	0.25-0.3	0.25-0.3	19-20
Ilość kruszyw i piasków z recyklingu w stosunku do ilości obojętnych OBR bez ziemi, piasku i kruszyw, %	Ilość kruszyw i piasków z recyklingu, Mt/rok	2.0	0.3	1.5-1.6	~0.6	0.7	0.4-0.5	1.1-1.2	
	Ilość kruszyw i piasków z recyklingu w stosunku do całkowitej produkcji piasku i kruszyw, %	87	~0	~75	33 ^a	79	3.1 ^b	78 ^c	
Ilość kruszyw i piasków z recyklingu w stosunku do całkowitej produkcji piasku i kruszyw, %	Ilość kruszyw i piasków z recyklingu	46	6	18-20	7 ^a	13	18-25 ^d		
	Ilość kruszyw i piasków z recyklingu w stosunku do całkowitej produkcji piasku i kruszyw, %	46	6	18-20	7 ^a	13	18-25 ^d		
Zakazy składowania obojętnych OBR	Zakaz składowania obojętnych OBR	Tak	Tak	N/A	N/A	Nie	Nie	Nie	Tak
	Liczba zakładów przetwórczych	~200-250	~100		~350	~400	2,073	~30	~150
	Rodzaj zakładów				80% stacjonarne, 20% mobilne			Głównie mobilne	35% rozdrabniające, 20% sortujące, 45% rozdrabniające i sortujące
	Liczba zakładów przetwórczych na 1000 km ²	~16	~5		~11	~0.6	~6	~12	~4
	Ilość piasków i kruszyw naturalnych, Mt/rok	15	55-60	0	70-75	300	450	~1	55-80 ^d
Produkcja naturalnych kruszyw i piasków	Ilość piasków i kruszyw naturalnych, Mt/osobę	2	15-17	0	6-7	4-5	5	~2	3-5 ^d
	Liczba zakładów wydobywczych				~200	~2,300	~3,000	~13	~295
	Liczba zakładów wydobywczych na 1000 km ²				~7	~4	~8	~5	~7

^a Francuska produkcja piasków i kruszyw pochodzących z recyklingu jest znacznie zmniejszona, ponieważ ilość materiałów pochodzących z recyklingu nie jest brana pod uwagę w statystykach krajowych i trudno ją dokładnie oszacować

^b Podana ilość piasków i kruszyw z recyklingu w Luksemburgu jest zbyt duża, ponieważ obejmuje wykopaną ziemię, piaski i żwir

^c Podana ilość piasków i kruszyw z recyklingu w Holandii jest produkowana przez członków BRBS [Krajowa Federacja Podmiotów Zajmujących się Recyklingiem OBR]. Ilość ta może być zbyt mała

^d Przedstawione dane zostały obliczone dla regularnej działalności wydobywczej materiałów naturalnych w Holandii

Table 2

QUANTITATIVE DATA ON THE MARKET OF RECYCLED AND NATURAL SANDS AND AGGREGATES IN NW EUROPEAN COUNTRIES. ABBREVIATIONS: C&DW = CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES; CBTC = CONCRETE-BRICKS-TILES-CERAMICS; N/A = NOT APPLICABLE; RA = RECYCLED AGGREGATES; RS = RECYCLED SANDS; MODIFIED FROM (14).

Kinds of sands and aggregates	Belgium				France	Germany	Luxembourg	Netherlands	
	Flanders	Walonia	Brussels	Belgium					
Waste production Quantity of inert C&DW excl. soils, sands and gravels, t/capita Quantity of CBTC, Mt/yr Quantity of CBTC, t/capita	15	5-7	0.5	~22	64	83.5	0.5-0.6	23.2	
	2.3	0.4	~1.9	1.0	1.0	0.9-1.0	1.4		
	12.6	0.4	17.1-18.7	~38	54.6	0.25-0.3	19-20		
	2.0	0.3	1.5-1.6	~0.6	0.7	0.4-0.5	1.1-1.2		
RA & RS production Quantity RA & RS, t/capita Proportion of RA & RS compared to the quantity of inert C&DW, excl. sands and gravels, %	13	3.5	~0	16.5	21.4 ^a	66	1.8 ^b	18 ^c	
	1.0	~0	1.5	0.3 ^a	0.8	3.1 ^b	1.0 ^c		
	87		~75	33 ^a	79		78 ^c		
Proportion of RA & RS compared to total production of sands & aggregates, %	6		18-20	7 ^a	13		18-25 ^d		
Landfilling Ban for inert C&DW landfilling	Yes	Yes	N/A	N/A	No	No	No	Yes	
Number of recycling plants	~200-250	~100		~350	~400	2,073	~30	~150	
C&DW plants Type of facilities				80% stationary, 20% mobile			Mainly mobile	35% crushing, 20% sorting, 45% crushing & sorting	
	Density of recycling plants per 1,000 km ²	~16	~5	~11	~0.6	~6	~12	~4	
	Quantity of natural aggregates and sands, Mt/yr	15	55-60	0	70-75	300	450	~1	55-80 ^d
	Quantity of natural aggregates and sands, t/capita	2	15-17	0	6-7	4-5	5	~2	3-5 ^d
Natural aggregates and sands production	Number of extraction sites			~200	~2,300	~3,000	~13	~295	
	Density of extraction sites per 1,000 km ²			~7	~4	~8	~5	~7	

^a The French production of recycled sands and aggregates is largely underestimated since the quantity of on-site recycled materials is not taken into account in the national statistics and is difficult to estimate accurately.

^b The referred quantity of recycled sands and aggregates in Luxembourg is largely overestimated since it includes excavated soils, sands and gravels.

^c The referred quantity of recycled sands and aggregates in the Netherlands is produced by BRBS's members (national federation of C&DW recyclers). This quantity could be slightly underestimated.

^d The referred data is calculated for the regular extraction activity of natural materials in the Netherlands.

obojętnych odpadów ORB. Kontekst rynkowy przeanalizowano w pięciu krajach Europy północno-zachodniej: Belgia, Francja, Niemcy, Luksemburg i Holandia, pod kątem ilościowej analizy wytwarzania ORB, produkcji piasków i kruszyw naturalnych oraz pochodzących z recyklingu, liczby zakładów recyklingu na pewnym obszarze, liczby miejsc pozyskiwania surowców naturalnych oraz prawodawstwa dotyczącego składowania ORB.

2. Kontekst rynkowy

W tabelicy 2 zestawiono wyniki analizy ilościowej kluczowych czynników wpływających na rynek piasków i kruszyw z recyklingu, w pięciu badanych obszarach Europy północno-zachodniej. Zwrócono szczególną uwagę na pozyskanie najbardziej aktualnych danych. Niektóre dane dotyczące rynku piasków i kruszyw z recyklingu zostały dostarczone przez partnerów interregionalnego projektu krajów Europy północno-zachodniej Interreg SeRaMCo (8).

ORB składają się głównie z BCPCe [beton-cegły-płytki-ceramika] oraz, w mniejszym stopniu, z asfaltów bitumicznych, metali, drewna, tworzyw sztucznych i innych. Materiały te są najpierw sortowane, następnie poddawane recyklingowi, w obiektach przeznaczonych do produkcji piasków i kruszyw. Produkty wtórne są wykorzystywane głównie w infrastrukturze drogowej oraz do zasypywania wyrobisk.

Ziemia i skały pochodzące z wykopów są również często uważane za ORB. Materiały te są ważne pod względem ilościowym, ponieważ zwykle stanowią ponad połowę całkowitej produkcji ORB, w skali jednego kraju. Jednak z prawnego punktu widzenia materiały z wykopów są zwykle rozpatrywane inaczej niż ORB. Na przykład zakaz składowania obojętnych odpadów ORB w Belgii nie dotyczy gleby i okruchów skalnych. Taki status surowców pochodzących z wykopów powoduje zamieszanie w krajowych statystykach, dotyczących produkcji ORB. Niektóre kraje włączają ilość surowców pochodzących z wykopów do ORB, podczas gdy inne ich nie uwzględniają, w swoich rocznych statystykach. Kolejnym źródłem błędów w statystykach krajowych jest sama produkcja piasków i kruszyw z recyklingu. Niektóre kraje uwzględniają materiały poddane recyklingowi w miejscu ich wytworzenia, czyli na przykład w miejscu rozbiórki budowli, podczas gdy inne kraje do ORB zaliczają tylko materiały przetwarzane w zakładach prowadzących recykling. Ma to na przykład miejsce we Francji.

2.1 Belgia

Władze regionalne Flandrii, Walonii i Brukseli są niemal w pełni kompetentne do zarządzania i recyklingu odpadów budowlanych i z recyklingu i nie są zobowiązane do koordynowania ani harmonizowania działań, pomiędzy tymi regionami. Zarządzanie odpadami ORB w każdym z regionów belgijskich opisano poniżej.

We Flandrii, w 2014 r. ilość ORB wynosiła 15 Mt (9). Około połowa [47%] tych odpadów powstała w wyniku rozbiórki budynków. Drugą połowa to renowacja budynków [24%], dróg [18%] i budowa nowych budynków [8%]. Odpady ORB składają się zazwyczaj

agregates, the density of recycling plants, the density of extraction sites for natural materials, and the C&DW landfilling legislation.

2. Market context

Table 2 presents the results of a quantitative analysis carried out on key parameters, that influence the market of recycled sands and aggregates, for the five investigated NW European countries. Attention has been paid to provide the most current available data. Some data on the market of recycled sands and aggregates have been provided by NWE Interregional project SeRaMCo partners (8).

C&DW are mainly composed of CBTC [concrete-bricks-tiles-ceramics] and, in smaller proportions, bituminous materials, metals, wood, plastics, and others. These materials are usually sorted and recycled in facilities devoted to produce recycled sands and aggregates. These secondary products are mainly used for road infrastructures and backfilling applications.

Excavated soils, sands and gravels are also often considered as C&DW. These excavated materials are far to be negligible in terms of mass, since they usually compose more than half of the total C&DW produced at the country scale. However, from a legislative point of view, excavated materials are usually considered different from the other C&DW. For example, the ban for inert C&DW landfilling is not applied to excavated soils and sand/gravels in Belgium. This ambivalent status for excavated materials entails confusion in the published national statistics related to C&DW production. Some countries include the amount of excavated materials in the quantity of generated C&DW, while others do not consider this fraction in their annual statistics. Another source of confusion in national statistics pertains to the production of recycled sands and aggregates. Some countries include the materials recycled on-site and recovered on the same site in the amount of recycled products, while other countries only consider C&DW treated in recycling facilities, as it is the case in France.

2.1. Belgium

In Belgium, the 3 regional governments [Flanders, Wallonia, and Brussels-Capital] are almost fully competent regarding C&DW management and recycling. These topics are not coordinated or harmonized amongst regions in a mandatory manner. C&DW management in each Belgian region is developed hereafter.

In Flanders, C&DW represented 15 Mt in 2014 (9). About half [47%] of these wastes are generated by the demolition of buildings. The other half is produced by the refurbishment of buildings [24%], roads [18%] and construction of new buildings [8%]. The major amount of C&DW materials are composed of 40% of concrete both reinforced and unreinforced, 40% of masonry and 12% of asphalt (10). Wallonia produced between 5 to 7 Mt of inert C&DW in 2013 (11). Estimations at regional scale show that these inert wastes are subdivided into 25% of unreinforced concrete, 13% of reinforced concrete, 45% of mixed wastes and 11% of asphalt

w 40% z betonu zbrojonego i niezbrojonego, 40% pochodzi z rozbiórki ścian i murów, a 12% to asfalt (10). W 2013 r. Walonia wyprodukowała od 5 do 7 Mt obojętnych ORB (11). Szacunki w skali regionalnej pokazują, że wytworzone odpady obojętne stanowią 25% betonu niezbrojonego, 13% betonu zbrojonego, 45% odpadów zmieszanych i 11% asfaltu (12). W Regionie Stołecznym Brukseli ilość wytworzonych odpadów obojętnych ORB wynosiła 480 000 ton, bez gleb pochodzących z wykopów (13). Szacuje się, że w skali całego kraju w Belgii rocznie wytwarza się 22 Mt ORB – tablica 2.

We Flandrii od 1998 r. obowiązuje zakaz składowania odpadów podlegających recyklingowi (16), zarówno dla odpadów niesortowanych, jak i zbieranych selektywnie. W Walonii, dekretem z dnia 18 marca 2004 r. (17), określono kryteria przyjmowania odpadów na składowiska. Zgodnie z dekretem, od 1 stycznia 2006 r., obojętne ORB nie mogą być składowane na wysypiskach. W rezultacie recykling ORB od 1998 r. stał się obowiązkiem we Flandrii, a od 2006 r. w Walonii.

W 2016 r. w Belgii wyprodukowano ponad 16 Mt piasków i kruszyw z recyklingu. Całkowita liczba certyfikowanych zakładów produkujących kruszywa z recyklingu zbliża się do 350 (13). Około 80% z nich to zakłady stacjonarne [rys. 3], a 20% stanowią instalacje mobilne [rys. 4]. W Walonii całkowitą produkcję piasków i kruszyw z recyklingu w 2017 r. szacowano na 3,5 Mt (18), przy czym całkowita ilość zakładów zajmujących się recyklingiem wynosi prawdopodobnie około stu. Są one zlokalizowane głównie w dwóch największych miastach regionu: Charleroi i Liege. W 2013 r. we Flandrii produkowało się prawie 14 Mt certyfikowanych piasków i kruszyw z recyklingu i zarejestrowano tam od 200 do 250 zakładów tego typu. Tylko kilka zakładów ORB zlokalizowanych jest w regionie stołecznym Brukseli. Większość ORB, przeznaczonych do recyklingu, jest eksportowana do Walonii lub do Flandrii (13).

W Belgii przemysł wydobywczy jest niezbędny dla działalności przemysłowej i gospodarczej i jest to od 160 do 200 miejsc wydobycia. Całkowite roczne zużycie naturalnego piasku i kruszyw z recyklingu jest szacowane na 100 Mt (19), a roczna produkcja naturalnego piasku i kruszyw szacowana jest na 70–75 Mt. Każdego roku około 15 Mt wydobytych surowców naturalnych jest eksportowanych poza Belgię, a 20 Mt jest importowanych, głównie z krajów sąsiadujących. Ze względu na geologię złóż większość miejsc wydobycia znajduje się w Walonii. Około 80% rocznych obrotów belgijskiego przemysłu wydobywczego pochodzi z południowej części kraju. W rezultacie średnia odległość od kamieniołomów wynosi około 70 km we Flandrii i około 40 km w Walonii.

2.2 Francja

Łączna ilość ORB w 2012 r. wyniosła 241 Mt (20). Ilość ta obejmuje piaski i żwiry z wykopów, które stanowiły 175 Mt (70% obojętnych ORB). Obojętne ORB, z wyłączeniem wykopanej ziemi i kruszyw, stanowią około 60 do 70 Mt rocznie. Pośród ORB beton stanowi 28%, mieszanki bitumiczne 15%, inne materiały z dróg są szacowane na 19%, a mieszane odpady obojętne stanowią 27% [dane z 2008 r., (21)].

(12). In the Brussels-Capital Region, inert C&DW generated account for 480,000 tons, excluding excavated soils (13). At the country scale, it can be estimated 22 Mt are annually generated in Belgium (Table 2).

A landfill banishment has been introduced in Flanders since 1998 (16) for both unsorted wastes and separately collected wastes to be taken into consideration for recovery. In Wallonia, the Decree of the Walloon Government of March 18, 2004 (17), gives criteria for the admission of wastes in landfills. According to the decree, inert C&DW are not allowed to be stored in landfills since January 1st, 2006: as a result, recycling of inert C&DW has become an obligation since 1998 and 2006 in Flanders and in Wallonia, respectively.

More than 16 Mt of recycled sands and aggregates were produced in 2016 in Belgium. The total amount of certified production plants of recycled aggregates approaches 350 in the country (13). About 80% are fixed installations [Fig. 3] and 20% are mobile plants [Fig. 4]. In Wallonia, the total production of recycled sands and aggregates can be estimated at 3.5 Mt in 2017 (18), with a total number of recycling plants probably close to one hundred, mainly located around the two main cities of the region in terms of inhabitants: Charleroi and Liege. Almost 14 Mt of certified recycled sands and aggregates were produced in Flanders in 2013. Between 200 and 250 recycling plants are identified in Flanders. Only a few C&DW recycling plants are localized in the Brussels-Capital Region. Most of C&DW are exported to Wallonia or to Flanders for recycling (13).

The extractive industry is essential for the industrial and economic activities in Belgium. It represents between 160 and 200 extraction sites. The annual overall Belgian consumption of natural and recycled sand and aggregates is estimated at 100 Mt (19). The annual production of natural sand and aggregates is estimated at 70-75 Mt. Every year, about 15 Mt of extracted natural materials are exported outside Belgium, and 20 Mt of natural materials are imported, mainly from neighbouring countries. Due to the geological context, the majority of the extraction sites are located in Wallonia. About 80% of the annual turnover of the Belgian extractive industry comes from the southern part of the country. As a result, the mean distance from quarries is 70 km in Flanders, compared to 40 km in Wallonia.

2.2. France

The total amount of C&DW represented 241 Mt in 2012 (20). This amount includes unpolluted soil, sand, and gravels that accounted for 175 Mt [70% among inert C&DW]. Inert C&DW, excluding excavated soils sands and gravels, reach about 60 to 70 Mt per year. Among inert C&DW, concrete accounts for 28%, bituminous mixtures represent 15%, other materials from roadways are estimated at 19% and mixed inert wastes account for 27% [data 2008, (21)].

According to the French Association of Producers of Aggregates UNPG (22), 25.7 Mt of recycled aggregates were produced in 2016. Among them, 21.4 Mt came from construction and demolition and 4.3 Mt were manufactured. The amount of recycled aggregates from demolition corresponds to the quantity of aggregates and



Rys. 3. Proces technologiczny w zakładzie kruszenia odpadów budowlanych i rozbiórkowych (14 na podstawie 15).

Fig. 3. Working process in a construction and demolition waste crushing facility (14) adapted from (15).

Według francuskich producentów kruszyw (22) w 2016 r. wyprodukowano 25,7 Mt kruszyw z recyklingu. Spośród nich 21,4 Mt pochodziło z budów i rozbiórek. Ilość kruszyw pochodzących z rozbiórki odpowiada ilości kruszyw i piasków wyprodukowanych w zakładach recyklingu. Stanowi to około 6% całkowitej produkcji piasków i kruszyw naturalnych, wytwarzanych i poddawanych recyklingowi. Jednak dane te nie uwzględniają kruszyw, które są poddawane recyklingowi na miejscu. Ilość piasków i kruszyw poddawanych recyklingowi na miejscu szacuje się na 40–50 Mt. Oznacza to, że całkowitą ilość piasków i kruszyw z recyklingu wyprodukowanych we Francji można przyjąć na około 65 do 75 Mt, co odpowiada 15-20% całkowitej produkcji piasków i kruszyw w tym kraju (22). We Francji zarejestrowanych jest około 400 zakładów recyklingu ORB.

W 2012 r. około 80 Mt odpadów obojętnych, w tym wykopanych piasków i kruszyw, trafiło na składowiska. Stanowi to 35% całkowitej ilości odpadów obojętnych, powstających we Francji. W tym kraju jest 657 składowisk odpadów klasy 3, dla odpadów obojętnych, zwanych ISDI „Installations de Stockage de Déchets Inertes” co znaczy Składowiska Odpadów Obojętnych (22). We Francji nie ma zakazu składowania obojętnych odpadów ORB. Ponadto panuje powszechne przekonanie, że obecny poziom podatków od składowania, pomimo że stale rośnie, nie jest wystarczająco wysoki, aby skutecznie zniechęcać do składowania (21).

W 2016 r. wydobyto 304,4 Mt naturalnych piasków i kruszyw z około 2300 wyrobisk i kamieniołomów, co stanowi ok. 4,5 tony

sands produced in recycling plants located in France. This represents about 6% of the total production of sands and aggregates – natural, manufactured and recycled. However, this data does not take into account inert materials, that are recycled on-site. The quantity of sands and aggregates recycled on-site could be estimated at 40 to 50 Mt. It means that the total quantity of recycled sands and aggregates produced in France could be estimated at around 65 to 75 Mt and corresponds to 15-20% of the total production of sands and aggregates (22). About 400 C&DW recycling plants are inventoried in France by the UNPG.

Around 80 Mt of inert wastes including excavated soils, sand and gravels were landfilled in 2012. This represents 35% of the total amount of inert wastes produced in France. The country is covered by 657 landfills class 3 [for inert wastes, called ISDI for “Installations de Stockage de Déchets Inertes”] (22). There is no banishment for landfilling inert C&DW in France. Furthermore, it is widely acknowledged that the current level of landfill tax, even if steadily increasing, is not high enough to be a sufficient deterrent (21).

In 2016, 304.4 Mt of natural sands and aggregates were extracted from about 2,300 pit and quarries. This represents a yearly production of 4.5 tons of natural sands and aggregates per inhabitant. The most productive regions are mostly located in the Southern and Western parts of the country. This distribution contrasts with the most productive area in recycled sands and aggregates: these regions are mostly located in the Northern part of France where 50% of the production is concentrated (22). The consumption of

naturalnych piasków i kruszyw na jednego mieszkańca. Najbardziej produktywne regiony znajdują się głównie w południowej i zachodniej części kraju. To położenie kontrastuje z najbardziej produktywnym obszarem piasków i kruszyw pochodzących z recyklingu: regiony te znajdują się głównie w północnej części Francji, na który przypada niemal 50% produkcji (22). Zużycie piasków i żwirów na rynku francuskim osiągnęło w 2014 r. 423 mln ton, z czego 23,1% pochodziło z recyklingu, przeprowadzonego na miejscu znajdujących się odpadów lub w zakładach recyklingowych, a 70–75% było pochodzenia naturalnego (22). W 2016 r. około 9 Mt piasków kruszyw wyeksportowano, głównie do krajów sąsiadujących, a 10,7 Mt pochodziło z importu, także z tych krajów.

2.3. Niemcy

W Niemczech w 2014 r. powstało 202 Mt ORB. Ilość ta uwzględnia 118,5 Mt wydobytych piasków i żwirów. Wyłączając te materiały, powstała ilość ORB stanowiła 83,5 Mt. Odpady beton-cegły-płytki-ceramika [BCPCe] stanowiły od 60 do 65% ORB, z wyłączeniem piasków i żwirów (23).

W 2014 r. produkcja piasków i żwirów z recyklingu stanowiła 67,6 Mt. W Niemczech zarejestrowano ponad 2000 zakładów przetwarzania ORB. 30% z nich znajduje się w Bawarii, która jest drugim najbardziej produktywnym regionem piasków i kruszyw z recyklingu, po Nadrenii i Północnej-Westfalii. Całkowita zdolność produkcyjna zakładów prowadzących recykling została oszacowana na 107 Mt rocznie. Większość regionów ma wolne moce przerobowe, a niektóre z nich mogą produkować znacznie więcej, a mianowicie Brandenburgia i Nadrenia Północna-Westfalia (24).

W Niemczech składowisko klasy 0 dotyczy odpadów obojętnych. Tych składowisk jest 800 w całym kraju i są najliczniejsze. Jednak całkowita liczba składowisk regularnie maleje od 2005 r. Wyłączając piaski i żwiry z wykopów, od 2010 r. na składowiska trafia mniej niż 5% - co odpowiada 3–4 Mt rocznej produkcji odpadów ORB (24). Podatek od składowania zależy od rodzaju odpadów i jest różny w poszczególnych regionach Niemiec. Przykładowo w zachodniej części Badenii-Wirtembergii podatki od składowania odpadów wynoszą 14 EUR za tonę odpadów ORB, podlegających recyklingowi (14).

Niemcy są największym w Europie producentem naturalnych piasków i kruszyw, których produkcję w 2016 r. szacowano na 475 Mt (2). Same Niemcy produkują ponad 20% wszystkich piasków i kruszyw w UE. Przemysł wydobywczy liczy około 3200 zakładów, [MIRO - Mineralische Rohstoffe / Niemiecka Federacja Kruszyw]. Niemcy mają wystarczające zapasy surowców mineralnych, szczególnie w sektorze budowlanym, i nie muszą importować surowców. Roczne zapotrzebowanie Niemiec na piaski i kruszywa szacuje się na 500 Mt.

2.4. Luksemburg

Dane z Administracji do spraw Środowiska w Luksemburgu wykazują, że w 2013 r. całkowita ilość obojętnych odpadów ORB stanowiła 6,79 Mt. Ilość tę można podzielić na dwie kategorie:



Rys. 4. Pół-mobilna instalacja do recyklingu BCPCe

Fig. 4. Semi-mobile installation for recycling CBTC

sands and aggregates by the French market reached 423 million tons in 2014 with 23.1 % from recycling (on-site or in sorting-recycling plants) and 70-75 % from natural origin (22). About 9 Mt of sands and aggregates were exported and 10.7 Mt were imported in 2016, mainly to/from neighbouring countries.

2.3. Germany

In Germany, 202 Mt of C&DW were generated in 2014. This amount includes 118.5 Mt of excavated soil, sands and gravels. By excluding these materials, the resulting quantity of C&DW represented 83.5 Mt. The concrete-bricks-tiles-ceramics [CBTC] fraction represent between 60 and 65% of the C&DW, excluding soils, sand, and gravels (23).

The production of recycled sands and aggregates represented 67.6 Mt in 2014. Germany counted more than 2,000 C&DW treatment facilities. However, 30% of these are located in Bavaria which is the second most productive state for recycled sands and aggregates, behind North Rhine-Westphalia. The total capacity of the recycling facilities was estimated at 107 Mt per year. Most of the states have enough spare capacities left and some of them run with significant overcapacities – Brandenburg, North-Rhine Westphalia (24).

Class 0 landfill is related to inert wastes in Germany. These 800 landfills, which are the most abundant type, are located all over the country. However, the total number of landfills has regularly decreased since 2005. Excluding excavated soils, sand and gravels, less than 5% [corresponding to 3–4 Mt] of the yearly generated C&DW have been landfilled since 2010 (24). Landfill tax depends on the kind of waste and varies from one state to another in Germany. An example reported in the western part of Baden-Württemberg applies landfill taxes of 14 EUR/t for recyclable C&DW (14).

Germany is the European largest producer of natural sands and aggregates with a production estimated at 475 Mt in 2016 (2). Germany alone produces more than 20% of the total sands and aggregates produced in the EU-28. The extractive industry represents approximately 3,200 extraction plants. According to

6,26 Mt – 92% piaski i żwiry z wykopów oraz 0,535 Mt – 8 % z budów i rozbiórek budynków. Około 98% tej drugiej kategorii poddaje się recyklingowi, a reszta jest składowana. Ponad 80% piasku i żwirów jest również składowanych (25). Wśród obojętnych odpadów ORB ilość BCPCe jest szacowana na 50% - 0,27 Mt (26). W 2010 r. beton stanowił około 0,178 Mt (27). Jednak ilość obojętnych odpadów ORB wytwarzanych i przetwarzanych, czyli odzyskiwanych na miejscu, nie jest znana i nie jest uwzględniona w statystykach krajowych (28).

W 2010 r produkcję piasków i kruszyw z recyklingu szacowano na 1,8 Mt. (27). Ilość ta obejmuje piaski i żwiry z wykopów i inne odpady ORB. Około 650 tysięcy ton odpadów obojętnych jest również eksportowanych z Luksemburga do recyklingu. Administracja do spraw Środowiska w Luksemburgu w 2012 r. zarejestrowała 32 mobilne kruszarki i 2 zakłady recyklingu, obojętnych odpadów drogowych (29).

Składowanie odpadów obojętnych w Luksemburgu nie jest zakazane. W 2013 r. na składowiska trafiło 5,4 Mt odpadów ORB. Jednak na tę ilość składa się ponad 95% piasków i żwirów z wykopów (25). W kraju, w 2013 r., znajdowało się 12 składowisk odpadów obojętnych (27). Według UEPG (2) w Luksemburgu znajduje się 13 miejsc wydobywania żwirów i piasków, z których rocznie produkuje się około 1 Mt naturalnych piasków i kruszyw.

2.5. Holandia

W Holandii w 2014 r. produkowano 23,8 Mt ORB. Ilość ta nie zmienia się od 2000 r. W 2014 r. odpady mineralne z rozbiórek stanowiły 80–85% (19–20 Mt). Każdego roku wytwarza się około 11 Mt odpadów betonowych. Stanowi to od 55 do 60% wszystkich odpadów mineralnych (30).

Członkowie Krajowej Federacji Podmiotów Zajmujących się Recyklingiem ORB [BRBS - „Recycling, Branchevereniging Breken en Sorteren”] wytwarzają ponad 75% [~ 18 Mt] całkowitej ilości wytworzonych odpadów ORB. Zakłady te są podzielone na trzy kategorie: rozdrabnianie 35%, sortownie 20% oraz kruszenie z sortowaniem 45%. Zakłady są rozrzucone po całym kraju – ponad 150 lokalizacji, nawet znajdują się w pobliżu dużych miast: Amsterdamu, Arnhem, Eindhoven, Hengelo, Maastricht, Rotterdamu, Utrechtu (39). Większość surowców z recyklingu pochodzi z południowo-wschodniej części kraju – Gelderland i Limburg (32).

Obojętne odpady ORB w Holandii należy poddawać recyklingowi i od 1995 r. nie wolno ich składować (31). Władze prowincji mogą udzielić zwolnienia od tego zakazu w przypadku, gdy ilość dostarczanych odpadów przekracza wydajność przetwórców. Zgodnie z holenderskim podejściem składowanie jest dozwolone tylko w przypadku odpadów, których odzysk lub spalanie nie jest możliwe. Takie podejście jest znane jako „kolejność preferencji” (33).

Holenderski przemysł wydobywczy dzieli się na segment regularny i nieregularny. Nieregularna działalność wydobywcza związana jest głównie z projektami zasypywania i stabilizacji gruntów. Regularne zużycie naturalnych materiałów budowlanych w Holandii, w ciągu

MIRO [“Mineralische Rohstoffe”- German Aggregates Federation], the country has sufficient reserves of mineral raw materials and, particularly in terms of construction, does not need to import materials. The German annual demand of sands and aggregates is estimated at 500 Mt.

2.4. Luxembourg

Data from the Administration of the Environment in Luxembourg indicate that the total amount of inert C&DW represented 6.79 Mt in 2013. This amount can be subdivided into two categories: 6.26 Mt – 92% of soils, sands, and gravels and 0.535 Mt – 8% generated from building construction and demolition. About 98% of this second category is recycled. The rest is landfilled. More than 80% of soils, sands, and gravels are also landfilled (25). Among inert C&DW, the CBTC category is estimated at 50%, about 0.27 Mt (26). Concrete represented approximately 0.178 Mt in 2010 (27). However, the amount of inert C&DW generated and recycled/recovered on-site is not known by the Administration of the environment and is not included in national statistics (28).

The production of recycled sands and aggregates was estimated at 1.8 Mt in 2010 (27). This amount includes recycled soils, sands and gravels, and other C&DW. About 650 thousand tons of inert wastes are also exported outside of Luxembourg, for recycling. The Administration of the Environment in Luxembourg inventoried 32 mobile crushers and 2 recycling plants for road inert wastes covered the territory in 2012 (29).

Landfilling of inert waste is not banished in Luxembourg: 5.4 Mt of C&DW were landfilled in 2013. However, this amount is mainly constituted by more than 95% of excavated soils, sands and gravels (25). The territory was covered with 12 landfills for inert wastes in 2013 (27). According to UEPG (2), 13 extraction sites for aggregates and sands production are present in Luxembourg. Around 1 Mt of natural sands and aggregates are produced annually.

2.5. The Netherlands

In the Netherlands, 23.8 Mt of C&DW were produced in 2014. This amount is stable since 2000. Mineral waste for construction accounted for 80-85% [19-20 Mt] in 2014. About 11 Mt of concrete wastes are produced every year. This represents 55 to 60 % of mineral wastes (30).

The members of the national federation of C&DW recyclers [BRBS – “Recycling, Branchevereniging Breken en Sorteren”] produce more than 75% ~18 Mt of the total volume of C&DW generated in the country. These members are subdivided into three categories: crushing recycling plants 35%, sorting recycling plants 20% and crushing + sorting recycling plants 45%. These recycling plants are widely spread all over the country and has more than 150 locations, even if closer to the main cities: Amsterdam, Arnhem, Eindhoven, Hengelo, Maastricht, Rotterdam, Utrecht (39). Most of the recycled materials come from the south-eastern part of the country i.e. Gelderland and Limburg (32).

ostatnich dziesięciu lat, zawiera się w przedziale od 55 do 80 Mt, średnio 65 Mt rocznie. Część regularna jest również uzależniona od materiałów używanych do zasypywania wyrobisk i stabilizacji gruntów. Na ten cel zużywa się od 35 do 40 Mt piasków, co stanowi 60-65% normalnie wydobywanych materiałów. Jedynie 7% zasobów to gruboziarniste kruszywo żwirowe pochodzące głównie z Limburgii [południowy wschód]. Oczywiście jest, że zapotrzebowanie na kruszywo gruboziarniste jest znacznie większe niż produkcja krajowa. 70% kruszyw grubych jest importowanych z Niemiec, Belgii [Walonii], Norwegii, Szkocji i Wielkiej Brytanii. Materiały te często są transportowane na odległości przekraczające 100 km (32). Według UEPG surowce naturalne wydobywane są z około 300 kamieniołomów i wyrobisk (2).

Całkowite zapotrzebowanie na piaski i kruszywa szacuje się na 85–110 Mt rocznie, z wyłączeniem prac wydobywczych segmentu nieregularnego. Zapotrzebowanie na surowce naturalne jest większe niż podaż w skali kraju. To sprzyja krajowemu rynkowi kruszyw z recyklingu. Surowce wtórne stanowią od 20% do 35% regularnie wydobywanych surowców pierwotnych (14).

3. Cele

3.1. Belgia

W programie Walońskim „Horyzont 2010” określono cele w zakresie zarządzania odpadami ORB [tablica 3]:

Program Waloński „Horyzont 2020” (11) promuje ponowne wykorzystanie kruszyw z recyklingu. Określa on, że około 30% kruszyw obejmujących zamówienia publiczne powinno pochodzić z recyklingu. W celu promowania ponownego wykorzystania kruszyw z recyklingu program Waloński „Horyzont 2020” wyróżnia trzy interesujące działania.

- Poprawa zaufania do kruszyw z recyklingu i poprawa jakości produktów z recyklingu poprzez weryfikację przez klienta zapowiedzianych właściwości lub poprzez zewnętrzne audyty potwierdzające kontrolę jakości producentów. Wprowadzenie kryteriów jakościowych dotyczących środowiska w specyfikacjach zamówień publicznych, podniosłoby jakość i promowało produkty z recyklingu.
- Promowanie produktów pochodzących z recyklingu, zarówno na poziomie władz publicznych: służby publiczne Walonii, prowincji i gmin, jak i operatorów prywatnych [architektów, biur projektowych, wykonawców] poprzez spotkania informacyjne, publikacje i przykładowe inwestycje.
- Należy określić minimalną ilość produktów pochodzących z recyklingu do wykorzystania, przy realizacji zamówień publicznych.

Władze Walonii wsparły konkretne działania w celu oceny możliwości ponownego wykorzystania coraz większej ilości odpadów ORB w budownictwie drogowym i prefabrykacjach betonowych. Należą one do następujących działań:

Inert C&DW in the Netherlands must be recovered and have been prohibited from landfilling since 1995 (31). An exemption from this prohibition can be provided by the Provinces in case the capacity of waste processors exceeds the waste supply. The Dutch approach is that landfilling is only allowed for waste for which no recovery or incineration is possible. This approach is known as “the order of preference” (33).

The Dutch extractive activity is divided into a regular part and a non-regular one. The nonregular extractive activity is mainly related to backfilling and land elevation projects. The regular extraction of primary building materials in the Netherlands in the past ten years corresponds to about 55 to 80 Mt, average 65 Mt per year. The regular activity is also mainly governed by materials used for backfilling and land elevation: 35 to 40 Mt of sands are extracted for this issue, representing 60-65% of the regular extracted materials. Only 7% of the supply is made of coarse gravels mainly coming from Limburg – South-East. It is clear that the demand for coarse aggregates is much higher than the national production. 70% of the coarse aggregates are imported from Germany, Belgium [Wallonia], Norway, Scotland, and the UK. These materials are transported on distances exceeding 100 km (32). According to UEPG, primary raw materials for construction are extracted from approximately 300 quarries and extraction sites (2).

The total need for sands and aggregates is estimated at 85-110 Mt per year, excluding nonregular extraction activity. The demand for natural raw materials is higher than the supply at a national scale. This makes favorable the national market of recycled aggregates. Recycled materials represent from 20 to 35% of the regularly extracted primary raw materials (14).

3. Targets

3.1. Belgium

The Walloon plan Horizon 2010 giving the objectives in terms of C&DW management, is given in Table 3.

The Walloon plan Horizon 2020 (11) wants to promote the re-use of recycled aggregates. It specifies that 30% of aggregates used for public procurements must come from waste recycling. In order to promote re-use of recycled aggregate, the Walloon plan Horizon 2020 mentions three interesting actions:

- Improve confidence in recycled aggregates and enhance the quality of recycled products through verification by the client of the announced characteristics or via external controls validating the self-control of the producer. The introduction of qualitative criteria regarding the environment in public specifications would enhance the quality of recycled products and promote recycled products;
- Promote recycled products both at the level of public authorities: Public Service of Wallonia, provinces, municipalities and private operators [architects, design offices, contractors...]

- Interregionalny program krajów Europy północno-zachodniej Interreg SeRAMCo [2016-2020] Surowce wtórne do prefabrykatów betonowych – wprowadzanie nowych produktów, gospodarka surowcowa o obiegu zamkniętym [<http://www.nweurope.eu/seramco>]
- Interregionalny program FWVL VALDEM [2016-2020] Zintegrowane rozwiązania dla waloryzacji przepływu odpadów ORB: podejście transgraniczne dla gospodarki o obiegu zamkniętym [<http://www.valdem-interreg.eu>]
- Program FEDER ECOLISER (2014-2020) Ekosurowce do oczyszczania gleby, hydroizolacji i drogownictwa [<https://www.ctp.be/files/pdf-liens/ECOLISER.pdf>]
- Program CONRePaD (34) Projektowanie betonu z kruszywem z recyklingu, z uwzględnieniem modelu szczelnego upakowania.
- Program APERROUTE [2013-2015] Zwiększenie wydajności kruszyw z ORB poprzez modernizację zakładów zajmujących się recyklingiem [<http://hdl.handle.net/2268/200156>].

Różne projekty badawcze wykazują możliwości oferowane przez recykling odpadów z betonu w produkcji prefabrykatów betonowych, a także recykling ubocznych przemysłowych produktów z betonu jako ekonomiczna i ekologiczna metoda włączania przemysłu budowlanego do gospodarki, o obiegu zamkniętym (8). Co więcej, frakcje pyłaste powstające w procesie recyklingu odpadów z budów i rozbiórek, stanowią nowe nadchodzące wyzwanie (35.). Frakcje pyłaste z cegieł (36, 37) są coraz częściej wykorzystywane do produkcji betonów samozagęszczających się i, lub geopolimerów.

3.2. Holandia

Jak można przeczytać w Grondstoffenakkoord, krajowym porozumieniu w sprawie wykorzystania zasobów, podpisanym w Betonakkoord [list intencyjny, który jest podpisany przez znaczną część holenderskiego przemysłu betonowego] zarówno przez rząd, jak i przemysł, Holandia do 2050 r. chce wprowadzić gospodarkę surowcowa w całym obiegu zamkniętym. Uzgodniono cele zmniejszenia emisji CO₂ o 35% do 2030 r. i wykorzystania 95% surowców wtórnych w betonie do 2050 r. (38). Ponadto zastąpienie surowców pierwotnych surowcami wtórnymi w produkcji betonu wzrosło z 2% w 2017 r. do 5% w 2018 r.

Od 2006 r. co najmniej 95% odpadów ORB jest odzyskiwanych. Tak duży procent wynika głównie ze stosowania kruszyw z recyklingu na podbudowy dróg. Ze względu na recykling wewnętrzny – rozebrane nawierzchnie drogowe są kruszone i wykorzystywane do budowy nowych, rynek w niedługim czasie zostanie nasycony, co zwiększa ryzyko obniżenia wskaźnika recyklingu ORB i wprowadza potrzebę poszukiwania nowych obszarów, w których można będzie stosować surowce wtórne z tych odpadów.

Łańcuch dostaw odpadów do recyklingu z budów i rozbiórek [ORB] oraz przepływ materiałów pokazano na rys. 5. Ilość ORB znacznie wzrosła w latach 1995–2000. Udział odzysku wzrósł z 50% w 1985

through information meetings, publications, and exemplary achievements;

- Impose a minimum rate of re-use of recycled products for public worksites.

Specific actions have been supported by Wallonia authorities for evaluating the possibility of reusing more and more C&DW in road construction and concrete precast elements:

- Interreg NWE SeRAMCo [2016-2020] Secondary Raw Materials for Concrete Precast Products - introducing new products, applying the circular economy [<http://www.nweurope.eu/seramco>]
- Interreg FWVL VALDEM [2016-2020] Solutions intégrées de valorisation des flux "matériaux" issus de la démolition des bâtiments : Approche transfrontalière vers une économie circulaire [Integrated solutions for the valorization of materials flows from C&DW : transborder approach for a circular economy] [<http://www.valdeminterreg.eu>]
- FEDER ECOLISER [2014-2020] ÉCOliants pour traitement de Sols, Etanchéité et Routes [Ecobinders for soil treatment, waterproofing and roads] [<https://www.ctp.be/files/pdf-liens/ECOLISER.pdf>]
- Beware Academia CONRePaD (34) Composition de béton à base de granulats recyclés en utilisant la technique de compacité de l'empilement granulaire [Design of concrete with recycled concrete aggregates by means of compression packing theory]
- APERROUTE [2013-2015] Amélioration des Performances des Recyclés en domaine Routier par Optimisation des Unités de Traitement [Increasing performances of C&DW aggregates by treatment plant optimization] [<http://hdl.handle.net/2268/200156>]

These different research projects indicate the opportunities offered by recycled concrete materials in Concrete Precast Product manufacturing as well as industrial concrete by-products recycling within the industry as an economical and environmental way for increasing rates and incorporating construction industry within circular economy (8). Moreover, fine particles induced by the construction and demolition waste recycling process represents the coming challenge: cementitious (35) and brick fine particles (36, 37) will be more and more used for elaborating self-compacting concretes and/or geopolymers.

3.2. The Netherlands

The Netherlands aims to be completely circular by 2050, as can be read in the Grondstoffenakkoord, a national agreement on resource use, signed by the government as well as the industry. In the Betonakkoord i.e. a letter of intent that will be signed by a significant part of the Dutch concrete industry the ambition to reduce CO₂ emissions by 35% in 2030 and to use 95% secondary raw materials in concrete 2050 is agreed upon (38). Furthermore, replacing primary raw materials with secondary raw material in concrete production is going up from 2% in 2017 to 5% in 2018.

Tablica 3 / Table 3

ZARZĄDZANIE ODPADAMI ORB, PROGRAM WALOŃSKI „HORYZONT 2010”

OBJECTIVES FOR CDW MANAGEMENT, WALLOON PLAN HORIZON 2010

Rok / Year	1995	2000	2005	2010
ORB, t/rok / C&DW, t/year	2,100,000	2,600,000	2,500,000	2,300,000
Cele recyklingu ORB, t/rok / Objectives C&DW, t/year				
Odzysk/Recykling/Wykorzystanie, % / Recovery/Recycling/re-use, %	68	74	81	87
Spalanie, % / Incineration, %	0	1	1	1
Składowanie, % / Landfilling, %	20	19	14	10
Inne lub nieznanne, % / Other or unknown, %	12	6	4	2

r. do 98% w 2000 r. Od 2000 r. do obecnego okresu ilość ORB utrzymuje się na stałym poziomie, wynoszącym 24 mln ton rocznie.

4. Analiza

Opisywana analiza ma na celu wskazanie niektórych czynników i barier związanych z rynkiem piasków i kruszyw pochodzących z recyklingu w krajach Europy Północno-Zachodniej. Szczegółowo opracowano trzy główne czynniki: składowanie obojętnych odpadów ORB, czynnik związany z surowcami pierwotnymi oraz dostępność zakładów prowadzących recykling obojętnych odpadów ORB. Aby promować recykling, składowanie odpadów ORB musi być zmniejszone lub zabronione. Można to wprowadzić za pomocą przepisów prawnych lub stosując opłaty za składowanie. Celem wprowadzenia opłat za składowanie jest zwiększenie jego kosztów w porównaniu do rozwiązań alternatywnych, jak sortowanie i recykling. Na rynek piasków i kruszyw z recyklingu duży wpływ ma również dostępność i jakość surowców naturalnych. Koszt surowców pierwotnych może w dużym stopniu zależeć od kosztów transportu: im bliżej zastosowania produkowane są materiały pierwotne, tym większe wyzwanie dla piasków i kruszyw z recyklingu. Ponadto sam proces recyklingu ma duży wpływ na jakość produktów odzyskanych. Zwykle stacjonarne zakłady są w stanie wytwarzać piaski i kruszywa lepszej jakości niż zakłady mobilne (41). Bliska lokalizacja zakładów prowadzących recykling jest również kluczowa z punktu widzenia ograniczenia kosztów transportu. Podczas gdy przemysł wydobywczy surowców pierwotnych jest głównie ograniczony przez warunki geologiczne, lokalizacja zakładów recyklingu odpadów ORB musi znajdować się w pobliżu odpadów, które będą poddawane recyklingowi, oraz w pobliżu placów budów, na których produkty z recyklingu mogłyby zostać ponownie wykorzystane (42). W tabelicy 4 podsumowano główne czynniki i ograniczenia dla rynku piasków i kruszyw z recyklingu występujące w pięciu rozpatrywanych krajach europejskich: Belgii, Francji, Niemiec, Luksemburga i Holandii.

Belgijski rynek materiałów pochodzących z recyklingu zależy od regionu, w którym się znajduje. W kraju obowiązują również regionalne przepisy dotyczące gospodarki odpadami i recyklingu. Zakaz składowania odpadów ORB we Flandrii i Walonii z pewnością stanowi główną przyczynę stosowania recyklingu. Rynek jest bardziej korzystny we Flandrii, gdzie czynnik związany z surow-

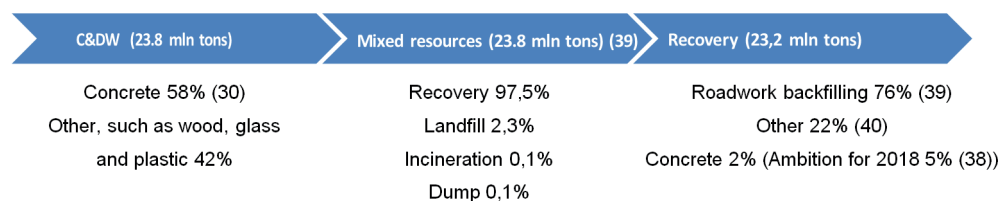
Since 2006 at least 95% of C&DW was recovered, i.e. waste serving a useful goal, and this will remain to be the national objective. The high rate is mainly caused by the use of recycled aggregates in roadwork foundations. Due to internal recycling for example, demolished roads are granulated and used in new roadworks the market will be saturated in due course, risking a reduction of the recycling rate of C&DW and introducing the need for new applications of secondary raw materials from C&DW.

The supply chain of construction and demolition waste [C&DW] recycling and the quantification of material flow within this process are shown in the flow chart in Fig. 5. The amount of C&DW has significantly increased between 1995 and 2000. The share of recovery is raised from only 50% in 1985 to 98% in 2000. Between 2000 and recent days the amount of C&DW has remained stable, approximately 24 million tons a year.

4. Analysis

This study aims to point out some drivers and barriers related to the market of recycled sands and aggregates in North-West European countries. Three main key parameters are developed in more detail: inert C&DW landfilling, the challenge with primary raw materials and the availability of inert C&DW recycling plants. In order to promote recycling, C&DW landfilling needs to be limited, or prohibited. This can be performed by legislation limiting or prohibiting landfilling, or by landfill taxation. The purpose of landfill taxation is to make landfilling more expensive than alternatives like sorting and recycling. The market of recycled sands and aggregates is also heavily influenced by the availability and the quality of natural materials. The price of primary raw materials can be largely influenced by transportation costs: the more locally the natural materials are produced, the higher the challenge for recycled sands and aggregates is. Furthermore, the type of recycling process has a major influence on the quality of the recycled products. Usually, stationary facilities are able to produce recycled sands and aggregates with higher quality than mobile recycling plants (41). The density of recycling facilities is also a key issue in order to limit transportation costs. While extractive industry for primary raw materials is mainly constrained by the geological context, C&DW recycling facilities must optimize their location close to available materials that need to be recycled and close to

camiami pierwotnymi jest mniejszy niż w Walonii, ze względu na wyższe koszty związane z odległościami transportu. Zakłady recyklingu ORB są szeroko rozpowszechnione w całym kraju, a sieć tych zakładów jest większa we Flandrii, częściowo ze względu na większe zaludnienie.



Rys. 5. Łańcuch dostaw odpadów z budów i rozbiórek [ORB]

Fig. 5. Supply chain of construction and demolition waste recycling

We Francji recykling ORB wydaje się być bardziej rozwinięty w północnej części kraju, gdzie w regionach Ile-de-France, Grand Est i Hauts-de-France skupia się 50% produkcji. W tych trzech regionach wydobywa się tylko 15% skał naturalnych (22). Czynnikiem związany z surowcami pierwotnymi jest tutaj mniejszy niż w innych regionach. We Francji składowanie odpadów obojętnych jest zjawiskiem powszechnym. Opłaty za składowanie tych odpadów są zbyt małe, aby zwiększyć stopień recyklingu. Ponadto dostępna sieć zakładów recyklingu wydaje się znajdować w zbyt dużych odległościach aby zmniejszyć koszty transportu.

Składowanie ORB w Niemczech jest dozwolone. Jednak opłaty od składowania wydają się być wystarczająco wysokie, aby większość ORB trafiała do recyklingu. Na składowiska trafia mniej niż 5% rocznej produkcji obojętnych odpadów ORB, z wyłączeniem piasków i żwirów z wykopów. Niemcy są największym producentem surowców pierwotnych w UE. W związku z tym czynnikiem związany z materiałami naturalnymi jest duży. Kraj jest jednak pokryty gęstą siecią zakładów prowadzących recykling ORB, co ogranicza koszty transportu.

W Luksemburgu również nie ma zakazu składowania ORB. Jednak tylko mniej niż 5%, z wyłączeniem piasków i żwirów z wykopów, jest składowanych każdego roku. Nawet jeśli kraj nie jest dużym producentem surowców pierwotnych, czynnikiem związanym z surowcami naturalnymi jest duży, ze względu na import z sąsiednich regionów. Duża liczba zakładów mobilnych, dostępnych w kraju, stanowi zachętę do recyklingu. Ponieważ zakłady mobilne zwykle wytwarzają surowce gorszej jakości, sytuacja ta sprzyja produkcji materiałów, które są stosowane głównie jako podbudowy dróg.

Zakaz składowania obojętnych ORB obowiązuje od wielu lat w Holandii. Jest to główna przyczyna dużego recyklingu. Innym czynnikiem napędzającym jest mała konkurencja związana z surowcami pierwotnymi, głównie ze skałami twardymi. W rzeczywistości około 70% gruboziarnistych kruszyw jest importowanych, co zwiększa koszty transportu tych materiałów. Zatem w Holandii rynek piasków i kruszyw pochodzących z recyklingu jest sprzyjający. Jest to również potęgowane przez gęstą sieć zakładów prowadzących recykling ORB, rozproszonych po całym kraju.

4. Wnioski

Rynek piasków i kruszyw z recyklingu jest trudny do przeanalizowania, ponieważ musi uwzględniać bardzo różne czynniki. Z jednej strony istnieje ogromne zapotrzebowanie na materiały

construction sites where recycled materials could be reused (42). Table 4 summarizes the main drivers and barriers for the market of recycled sands and aggregates related to the five investigated European countries: Belgium, France, Germany, Luxembourg, and the Netherlands.

The Belgian market of recycled materials is quite different from one region to another. The country has also a regional legislation for waste management and recycling. The ban for inert C&DW landfilling in Flanders and in Wallonia certainly constitutes a major incentive for recycling. The market is more favorable in Flanders where the challenge with primary raw materials is lower than in Wallonia, due to higher costs related to longer transportation distances. The C&DW recycling facilities are widely spread all over the country and the network of recycling plants is denser in Flanders, partially due to a higher density of population.

In France, inert C&DW recycling seems more developed in the northern regions of the country, where 50% of the production is generated in Ile-de-France, Grand Est, and Hauts-de-France regions. These three regions are also responsible for the production of only 15% of massive rocks (22): the challenge with primary raw materials is there lower than in the other regions. In France, landfilling of inert wastes has been a prevalent outcome yet. The applied landfill taxes for these kinds of wastes are too low to guide materials to recycling flux. Furthermore, the available network of recycling facilities seems to be not dense enough to limit transportation costs.

Inert C&DW are not banished for landfilling in Germany. However, the landfill taxes seem to be high enough to push the majority of C&DW to recycle. Less than 5% of inert C&DW excluding excavated soils, sands and gravels are landfilled every year. Germany is the largest producer of primary raw materials in the EU-28. The challenge with natural materials is consequently high. However, the country is covered by a dense network of C&DW recycling plants, limiting transportation costs.

In Luxembourg, there is no ban for inert C&DW landfilling. However, less than 5% of inert materials excluding excavated soils, sands and gravels are landfilled every year. Even if the country is not a large producer of primary raw materials, the challenge with these natural materials is high due to importations from neighbouring regions. A large number of mobile plants available in the country constitutes an incentive for recycling. As mobile recycling facilities usually produce lower-quality recycled materials, this situation

budowlane, w szczególności piasek i kruszywa na podbudowy dróg i do produkcji betonu. Z drugiej strony rynek ORB oferuje duże zasoby różnego rodzaju produktów, jednak z ryzykiem nieciągłości produkcji. W ramach analizy ilościowej to opracowanie ocenia niektóre z głównych czynników i ograniczeń związanych z rynkiem materiałów pochodzących z recyklingu w Europie północno-zachodniej [Belgia, Francja, Niemcy, Luksemburg i Holandia]. Analiza ilościowa polegała na zebraniu krajowych i regionalnych statystyk dotyczących kluczowych zmiennych, takich jak ilość powstających ORB, produkcja piasków i kruszyw naturalnych oraz z recyklingu, ilość zakładów recyklingu i miejsc wydobycia surowców naturalnych. Dane te połączono również z przeglądem krajowych i regionalnych przepisów dotyczących składowania ORB.

Wyniki wykazują, że rynek piasków i kruszyw z recyklingu jest bardziej rozwinięty w Holandii i Flandrii [północ Belgii], gdzie wszystkie trzy kluczowe zmienne są uważane za czynniki napędzające. Regiony te mają brak dostępnych lokalnie i dobrej jakości naturalnych surowców skalnych, rozwiniętą siecią zakładów recyklingu dla obojętnych ORB oraz korzystnymi przepisami, które zachęcają „producentów” odpadów do sortowania i recyklingu. Rynek Walonii (na południe od Belgii), Francji, Niemiec i Luksemburga ma do dyspozycji surowce pierwotne, których lokalne zasoby są bogate. Francuski rynek materiałów pochodzących z recyklingu jest ponadto niekorzystny z powodu braku zachęt, które sprzyjałyby sortowaniu i recyklingowi.

Aktywna polityka wspierania recyklingu ORB oznacza zatem zaprzestanie hałdowania odpadów na składowiskach, opracowanie odpowiednich metod recyklingu, w szczególności poprzez budowę dobrze wyposażonych ośrodków sortowania i prawidłową ich lokalizację, wystarczająco gęstą, w celu zmniejszenia kosztów trans-

fosters downcycling of recycled materials that are currently mainly used for road foundations.

The ban for inert C&DW landfilling has been applied for many years in the Netherlands. This is a major driver for recycling. Another main driver is constituted by low challenge with primary raw materials, mainly with hard rocks. Indeed, 70% of coarse aggregates are imported, increasing transportation costs for these materials. The market for recycled sands and aggregates is thus propitious in the Netherlands. This is promoted by a dense network of C&DW recycling facilities located all over the country.

4. Conclusion

The market of recycled sands and aggregates is difficult to understand because it needs to take into account very different parameters: on the one hand, there is a huge need for construction materials, specifically sand and aggregates for road foundations and concrete manufacturing. On the other hand, C&DW offer a large deposit, with several types of products and possible non-constant production. Through a quantitative analysis, this study evaluates some of the main drivers and barriers related to the market of these recycled materials in NW Europe: Belgium, France, Germany, Luxembourg, and the Netherlands. The quantitative analysis consists of a collection of national and regional statistics on key variables such as the amount of generated C&DW, the production of natural and recycled sands and aggregates, the density of recycling plants, the density of extraction sites for natural materials. These data are also combined with a review of the national and regional legislation on C&DW landfilling.

Results point out that the market of recycled sands and aggregates is more developed and more suitable in the Netherlands and in

Tablica 4 / Table 4

CZYNNIKI AKTYWUJĄCE I OGRANICZAJĄCE RYNEK PIASKÓW I KRUSZYW Z RECYKLINGU W KRAJACH EUROPY ZACHODNIEJ I PÓŁNOCNEJ.
DRIVERS AND BARRIERS FOR THE MARKET OF RECYCLED SANDS AND AGGREGATES IN NW EUROPEAN COUNTRIES

Country / Kraj	Belgium Belgia	France/ Francja	Germany/ Niemcy	Luxembourg Luksemburg	Netherlands Holandia
Inert C&DW landfilling Składowanie obojętnych ORB	Driver/Aktywator	Barrier/ Ograniczenie	Driver Aktywator	Driver/ Aktywator	Driver/ Aktywator
Challenge with primary raw materials Czynnik związany z surowcami pierwotnymi	Driver [in Flanders] Barrier [in Wallonia]/ Aktywator we Flandrii Ograniczenie w Wallonii	Driver [in the North] Barrier [in the West and the South]/ Aktywator na Północy Ograniczenie na Zachodzie i Południu	Barrier Ograniczenie	Barrier/ Ograniczenie	Driver/ Aktywator
Available inert C&DW recycling plants Dostępność instalacji do recyklingu	Driver Aktywator	Barrier Ograniczenie	Driver/ Aktywator	Driver [density of f acilities] Barrier [low quality of recycled materials] Aktywator [gęstość rozlokowania] Ograniczenie [niska jakość kruszyw z recyklingu]	Driver/ Aktywator

portu. Istnieje ogromna szansa na zwiększenie udziału produktów z recyklingu na rynku kruszyw w Europie północno-zachodniej. Podsumowując, można sformułować następujące zalecenia (5):

- Wprowadzenie do zamówień publicznych obowiązkowego minimum udziału kruszyw pochodzących z recyklingu w projektach inżynierskich.
- Opracowanie programu wsparcia i promocji w zakresie ponownego użycia odzyskanych produktów, na przykład docelowy próg recyklingu.
- Wprowadzenie kryteriów zniesienia statusu odpadu dla produktów pochodzących z recyklingu.
- Opracowanie norm dla materiałów pochodzących z recyklingu, również takich, które nie spełniają kryteriów zniesienia statusu odpadu.
- Ułatwienie identyfikacji materiałów.
- Opracowanie zastosowań dla materiałów z recyklingu, nie będących kruszywami.
- Promowanie produktów i materiałów budowlanych zawierających surowce z recyklingu oraz ułatwanie stosowania takich produktów w nowych rozwiązaniach.
- Stosowanie zachęty finansowej za używanie kruszyw pochodzących z recyklingu.

Podziękowania

Badanie zostało zrealizowane w ramach projektu Interreg NWE SeRaMCo „Surowce wtórne do prefabrykatów betonowych”; <http://www.nweurope.eu/projects/project-search/seramco-secondary-raw-materials-for-concrete-precast-products/#tab-1>.

Autorzy chcą podziękować partnerom projektu za ich wsparcie w kompilacji danych niezbędnych do przeprowadzenia analizy. Jesteśmy szczególnie wdzięczni partnerom projektu z Uniwersytetu w Lotaryngii [Francja], Uniwersytetu w Luksemburgu, UT Kaiserslautern [Niemcy] i UT Delft [Holandia] za pomoc, którą otrzymaliśmy w trakcie trwania badań.

Literatura / References

1. Eurostat, 2017 Waste statistics. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Waste_treatment, accessed 12/09/2018 (2017).
2. UEPG, Estimates of Aggregates Production data 2016. Retrieved from <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2016> (2016).
3. UEPG, European Aggregates Association – Annual Review 2016-2017, Brussels, Belgium (2017).
4. Directive 2008/98/EC. 19 November 2008 – Waste Framework Directive 2008/98/EC (2008).
5. Deloitte, Background paper. Workshop “Improving management of construction and demolition waste”, Brussels, 25 May 2016
6. Garbarino, E., Blengini, G.A., The economics of construction and demolition (C&DW) management facilities. In: Pacheco-Torgal F, Tam V W

Flanders [North of Belgium] where all the three investigated key variables are considered as drivers. These regions are characterized by a lack of available local and good quality natural rocky materials, a developed framework of recycling plants for inert C&DW and favorable legislation that pushes the waste flux to sorting and recycling. The market in Wallonia [South of Belgium], France, Germany, and Luxembourg is challenged by primary raw materials where resources are locally abundant. The French market of recycled materials is furthermore disadvantaged by a lack of incentives that foster sorting and recycling, including landfilling.

A proactive policy of support for the recycling of construction and demolition waste, therefore, implies stopping the disposal of waste in landfills, the setting up of adequate recycling techniques, in particular through the installation of complete sorting centers and the networking of these recycling centers sufficiently dense, so as to reduce the impact of transport. There is a great opportunity for increasing the part recycled products on the NW European market of aggregates. More generally, the following recommendations can be formulated according to (5):

- Enhance public procurement through the introduction of mandatory percentages of recycled aggregates in large civil engineering projects;
- Develop reuse/reclaimed products program of support and promotion (e.g. reuse percentage target);
- Introduce end-of-waste criteria for recycled products;
- Develop standards for recycled materials for various utilization for waste that did not meet end-of-waste criteria;
- Facilitate material content traceability;
- Introduce applications for recycled non-aggregates;
- Encourage the construction products and materials supply chain to have much greater provision for taking back and incorporating recycled materials into new products;
- Deploy a financial incentive to use recycled aggregates.

Acknowledgment

The study has been realized in the framework of the Interreg NWE SeRaMCo project “Secondary Raw Materials for Concrete precast product” - <http://www.nweurope.eu/projects/project-search/seramco-secondary-raw-materials-forconcrete-precast-products/#tab-1>.

The authors want to gratefully acknowledge project partners for their support in the data compilation essential for this study. We are particularly indebted to project partners from the University of Lorraine [France], the University of Luxembourg, the TU Kaiserslautern [Germany] and the TU Delft [the Netherlands] for the many interactions we have had all over the study.

- Y, Labrincha J A, Ding Y and de Briton J (Eds). Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Number 47, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK (2013).
7. Silva, R.V., de Brito, J., Dhir, R.K., Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *J. Cleaner Prod.* 143, 598614 (2017).
 8. Delvoie, S., Zhao, Z., Michel, F., Courard, L., Market analysis of recycled sands and aggregates in North-West Europe: drivers and barriers. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 225, (<http://hdl.handle.net/2268/228444>) (2019).
 9. OVAM, Vervaert M, Segers N, Van Hasselt D and Smeets K, Bedrijfsafvalstoffen productiejaar 2004-2014, Retrieved from <http://www.ovam.be/bedrijfsafvalstoffen> (2016).
 10. Vrijders, J., De nieuwe uitdagingen & mogelijkheden voor het beheer van bouw- en sloopafval. *Bouw- en sloopafval: nieuwe uitdagingen. Tweedaagse studiedag* (2015).
 11. SPW-DG03, Plan wallon des déchets-ressources. *Projet de PWD-R, enquête publique du 8 mai au 21 juin 2017*, 387p. Retrieved from <http://environnement.wallonie.be/enquetedechetsressources> (2017).
 12. RDC environment, Evaluation ex-post des actions et mesures prévues dans le Plan Wallon des déchets Horizon 2010 – Volet déchets industriels (2010).
 13. Bernair, C., Sobotka, I., Romnée, A., Pérez Dueñas, L., Boyer, C., Van Ginderdeuren, P., Le secteur de la construction à Bruxelles. *Constat et perspectives: vers une économie circulaire* (2018).
 14. Delvoie, S., Zhao, Z., Michel, F., Courard, L., WPT1: market analysis and formal regulations in NWE. *Interreg NWE SeRaMCo project*, June 2018 (2018).
 15. Medina, C., Zhu, W., Howind, T., Frías, M., Sánchez de Rojas, M.I., Effect of the constituents (asphalt, clay materials, floating particles and fines) of construction and demolition waste on the properties of recycled concretes. *Constr. Build. Mater.* **79**, 22–33 (2015).
 16. Order 17 December 1997. Order of the Flemish government for the establishment of the Flemish regulations relating to waste prevention and management. Retrieved from http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/article_body.pl?language=fr&caller=summary&pub_date=98-04-16&numac=1998035290 (1997).
 17. Arrêté 18 March 2004. Arrêté du Gouvernement wallon interdisant la mise en centre d'enfouissement technique de certains déchets. Retrieved from <http://environnement.wallonie.be/legis/dechets/decen008.htm> (2004).
 18. Mariage, T., Évolution de la gestion des déchets de démolition. des déchets valorisables en construction et des terres excavées dans le cadre de la nouvelle économie circulaire. *Colloque ECOCIR*, 25 May 2018, Namur, Belgium (2018).
 19. Adant, I. and Chevalier, P., Les impacts socio-économiques pour l'industrie extractive belge du prélèvement kilométrique visant le transport de marchandises par route. *Rapport d'analyse*, May 2014 (2014).
 20. ADEME., Déchets, chiffres-clés, édition 2016. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, (2016).
 21. Deloitte France, Screening template for Construction and Demolition Waste Management in France. Version 2, September 2015, (2015).
 22. UNPG, L'industrie Française des Granulats, édition 2017/2018, données 2016, UNPG- UNICEM. www.unpg.fr (2018).
 23. Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V., Mineralische Bauabfälle – Monitoring 2014. *Kreislaufwirtschaft Bau*, Berlin, (2017).
 24. Deloitte Germany, 2015. Screening template for Construction and Demolition Waste management in Germany. Version 2. September 2015, (2015).
 25. Muller, D., Schreiner, M., Besser planen weniger baggern – Wege zur Vermeidung und Wiederverwertung von Erdaushub bei Bauarbeiten. *Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, Ministère du Développement durable et des Infrastructures, Administration de l'environnement, Esch-sur-Alzette, Luxembourg*, (2015).
 26. Deloitte Luxembourg, Screening template for Construction and Demolition Waste management in Luxembourg. Version 2. September 2015, (2015).
 27. Thapa, V. B., Waldmann, D., Use of recycled concrete in construction in Luxembourg. *Revue Technique Luxembourgeoise*, 2, 17-19 (2014).
 28. Administration de l'environnement, Plan national de gestion des déchets et des ressources 2018. *Administration de l'environnement, Ministère du Développement durable et des infrastructures, Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg*, (2018).
 29. Less, S., Loi du 21 mars 2012 relative à la gestion des déchets – Transposition en droit national de la directive européenne 2008/98/CE. *Division des déchets, Administration de l'environnement, Ministère du Développement durable et des infrastructures, Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg*, 22 May 2012, Luxembourg, oral presentation, (2012).
 30. CBS, PBL, RIVM, WUR, *Bouw- en sloopafval: vrijkomen en verwerking, 1985-2014 (indicator 0147, versie 10, 1 juni 2017)*. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen. Retrieved from www.clo.nl, (2017).
 31. Besluit 8 December 1997. Besluit houdende een stortverbod binnen inrichtingen voor aangewezen categorieën van afvalstoffen (Besluit stortverbod afvalstoffen). Retrieved from <http://wetten.overheid.nl/BWBR0009094/2018-02-06>, (1997).
 32. Hoen, J., Rapportage Monitoring bouwgrondstoffen 2015-2016. *H2H advies*, Arnhem, the Netherlands, (2017).
 33. CETMA, ACCIONA, CBI, FENIX, QUB, ROS, NTUST and ACR+, D1.1 – Data collection on CDW, WPT1 – Mapping and analysis of CDW reuse and recycling in prefabricated elements, RE4 Project – Reuse and Recycling of CDW materials and structures in energy efficient pREfabricated elements for building Refurbishment and construction, European Union's Horizon 2020 research project. Final version, (2017).
 34. Zhao, Z., Courard, L., Michel, F., Remond, S., Damidot, D., Influence of granular fraction and origin of recycled concrete aggregates on their properties. *Eur. J. Environ. Civil Eng.* **22**, 1457-1467 (2018).
 35. Courard, L., Rondeux, M., Zhao, Z., Michel, F., Fine recycled C&DW particles: characterization and specific properties. *Waste Management (under reviewing)*.
 36. Tabarelli, E., Recycling of crushed bricks for self-compacting mortar. Master thesis for Master's degree in Geological and Mining Engineering, University of Liège, (2018).
 37. Grellier, A., Bulteel, D., Zhao, Z., Remond, S., Courard, L., Characterization of fine recycled bricks: development of hydraulic binders. *10th ACI/RILEM International Conference on Cementitious Materials and Alternative Binders for Sustainable Concrete*. Toulouse (accepted for publication), (2020).
 38. MVO Nederland, Betonakkoord (Concept). Retrieved from <https://mvonederland.nl/betonakkoord/documenten> (2017).
 39. BRBS Recycling, Recycling, Branchevereniging Breken en Sorteren, Zaltbommel, Netherlands. Retrieved from www.brbs.nl (2018).

40. EIB, EIB Economisch Instituut voor de Bouw, Macro-economische verkenning betonakkoord. Retrieved from <https://www.eib.nl/publicaties/mkba/macro-economischeverkenning-betonakkoord>, (2016).
41. Ulubeyli, S., Kazaz, A., Arslan, V., Construction and demolition waste recycling plants revisited: management issues. *Procedia Eng.* **172**, 1190-1197 (2017).
42. Delvoie, S., Zhao, Z., Michel, F., Tabarelli, E., Courard, L., Comparaison des techniques de recyclage pour la production de sables et de granulats recyclés. NoMaD 2018, Nouveaux Matériaux et Durabilité, Liège, 7-8 novembre 2018, (2018).